

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Bc. Petr Plecháč

Kamenná moře neovulkanických pňů v severních Čechách: poloha, morfologie, míra zvětrávání
Blockfields of the neovulcanic pits in Northern Bohemia: location, morphology, weathering rate

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Praha, 2018

Zadání diplomové práce

Téma práce

Kamenná moře neovulkanických pňů v severních Čechách: poloha, morfologie, míra zvětrávání

Předběžná náplň práce a její obecné cíle

Cílem práce je charakterizovat vybraná kamenná moře z hlediska polohy, morfologie a stupně zvětrání vyjádřeného pomocí R-hodnot a stanovit případný vliv polohy, morfologie a místních podmínek (zejména potenciálního příjmu energie) na míru zvětrání povrchu bloků.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Použité pracovní metody: rešerše literatury; identifikace a zmapování kamenných moří, morfometrická analýza kamenných moří na základě distančních dat-digitálního modelu 4. a 5. generace včetně vlastní terénní verifikace u vybraných lokalit; stanovení potenciálního příjmu energie (tzv. tepelného požitku) kamenných moří na základě distančních dat (GIS); zjištění míry navětrání povrchu hranáčů (balvanů) vybraných kamenných moří pomocí tvrdoměrného kladívka Schmidt hammer; aplikace statistických metod pro analýzu vlivu polohy, morfologie a místních podmínek (zejména potenciálního příjmu energie) na míru navětrání povrchu balvanů kamenných moří.

1. krok – vytvoření stručné rešerše na téma sledování termálního režimu reliéfu a vlivu kolísání teplot na intenzitu zvětrávání zejména na kamenných mořích;
2. krok-určení základních relevantních charakteristik studovaného území majících vztah ke studovanému tématu;
3. krok-zmapování kamenných moří ve studovaném území, určení jejich rozsahu;
4. krok-analýza kamenných moří z hlediska polohy a morfologie (tvar, konkavita, sklonitost, orientace ke světovým stranám, zastínění a potenciální příjem energie) na základě DMR. Odhad mocnosti kamenných moří na základě rozdílu sklonů vystupujícího podloží a povrchu kamenných moří;
5. krok-terénní výzkum: určení velikosti a pozice bloků ve studovaných úsecích (třetinových pozicích na profilech vedených po spádnicí) na kamenných mořích; určení stupně navětrání jejich povrchů pomocí tvrdoměrného kladívka Smidthammer (R-hodnoty) ve studovaných úsecích kamenných moří;
6. krok-vyhodnocení velikosti a míry navětrání povrchu balvanů v závislosti na poloze v rámci kamenných moří;
7. krok-klasifikace kamenných moří a jejich částí dle míry navětrání povrchu balvanů a dle potenciálního příjmu energie, dle odhadované mocnosti kamenných moří;

8. krok-vyhodnocení závislosti stupně navětrání na vlastnostech reliéfu určujících příjem energie a případná extrapolace odhadů stupně navětrání na ostatní kamenná moře ve studovaném území.

Zájmové území: rozhraní Lužických hor a Českého středohoří

Datové zdroje: informační zdroje, DMR 4. a 5. generace, letecké a družicové měřičské snímky-GEODIS, vlastní data (R-hodnoty, morfometrické údaje, data odvozená z distančních dat)

Datum zadání: 16. 12. 2015

Bc. Petr Plecháč

RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Praha 6. prosince 2018

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce RNDr. Marku Křížkovi, Ph.D. za jeho ochotu pomoci a za správné nasměrování v mých nesnázích. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za vynaložené úsilí při pomoci v terénních pracích a za celkovou podporu při psaní diplomové práce. Pomoc jsem našel i v řadách kolegů studentů a doktorandů z katedry fyzické geografie a geoekologie. Velké poděkování patří Davidu Krausovi za pomoc při GIS analýzách, statistice a za diskuzi nad dílčími problémy související s realizací diplomové práce. Na závěr patří poděkování mé přítelkyni Jeannette, která mi byla nejen oporou, ale i motivací pro dokončení předkládané práce.

1 Obsah

1	Obsah.....	6
2	Abstrakt	9
3	Abstract	9
4	Úvod.....	10
5	Teoretický úvod ke kamenným mořím a k jejich zvětrávání	12
5.1	Kamenná moře.....	12
5.1.1	Definice kamenných moří, jejich morfologie a stavba	12
5.1.2	Geneze kamenných moří a jejich současná aktivita.....	16
5.1.3	Proudění vzdušných hmot a extrazonální permafrost	18
5.1.4	Uskupení podobná kamenným mořím	19
5.2	Zvětrávací procesy.....	19
5.2.1	Základní dělení činitelů zvětrávání	19
5.2.2	Teplota jako zvětrávací činitel	21
5.2.3	Zvětrávání a příjem energie.....	22
5.2.4	Mrazové zvětrávání	23
5.2.5	Objemová expanze kapaliny	24
6	Charakteristika území vztažena ke zkoumanému fenoménu	25
6.1	Poloha zájmového území.....	25
6.2	Geologické poměry a litologie	27
6.3	Geomorfologická charakteristika	34
6.3.1	Klasifikace území dle relativní výškové členitosti.....	36
6.3.2	Orientace svahů vůči světovým stranám	37
6.3.3	Sklon.....	39
6.3.4	Příjem sluneční energie	40
6.4	Klimatické poměry	42

6.4.1	Teplota.....	45
6.4.2	Srážky dešťové a sněhové	45
6.4.3	Vítr	48
6.4.4	Potenciální průměrná roční radiace kamenných moří – příjem energie.....	48
6.5	Hydrologické poměry	49
6.6	Půdní poměry.....	50
6.7	Flóra.....	52
7	Pracovní postupy a použité metody	57
7.1	Výběr kamenných moří	57
7.2	Vybrané charakteristiky.....	58
7.2.1	Charakteristiky kamenných moří	58
7.2.2	Charakteristiky vybraných bloků	60
7.3	Práce v prostředí GIS.....	62
7.3.1	Tvorba digitálního modelu reliéfu a analýz v prostředí GIS.....	62
7.4	Schmidt hammer.....	65
7.4.1	Princip a obecné zásady měření se Schmidt hammerem.....	65
7.4.2	Podmínky a způsob vlastního měření R-hodnot	68
7.5	Mocnost kamenných moří	71
7.6	Statistické vyhodnocení charakteristik	71
7.7	Model predikce R-hodnot.....	72
8	Výsledky.....	74
8.1	Kamenná moře ve studovaném území.....	74
8.2	Polohové a morfologické charakteristiky rozložení všech kamenných moří ve studovaném území	81
8.2.1	Korelace a jednocestná analýza rozptylu hodnot vybraných charakteristik všech kamenných moří ve studovaném území	85
8.3	Polohové charakteristiky rozložení a jednocestná analýza rozptylu hodnot v terénu změřených segmentů kamenných moří	89

8.3.1	R-hodnoty.....	89
8.3.2	Sklon.....	90
8.3.3	Potenciální průměrná roční radiace.....	93
8.3.4	Vynořené/zanořené bloky	94
8.3.5	Ostrohrannost kamenných bloků.....	96
8.3.6	Velikost bloků	97
8.3.7	Zaklínění kamenných bloků	98
8.4	Potenciální rozdělení v terénu změřených segmentů kamenných moří do skupin.....	100
8.5	Korelace mezi vybranými charakteristikami v terénu změřených segmentů kamenných moří	102
8.6	Výsledky modelu predikce R-hodnot.....	105
9	Diskuze.....	108
9.1	Výběr kamenných moří	108
9.2	Povrch bloků a výsledné R-hodnoty.....	108
9.3	Openwork struktura kamenného moře	109
9.4	Mocnost kamenných moří	109
9.5	Polohové vlastnosti kamenných moří.....	110
9.6	Vazby mezi vybranými charakteristikami	113
9.7	Model predikce R-hodnot.....	115
10	Závěr.....	116
11	Použitá literatura a zdroje.....	118
11.1	Literatura	118
11.2	Ostatní zdroje.....	127
11.3	Použitý software	127
12	Seznam obrázků	129
13	Seznam tabulek	135
14	Seznam příloh.....	138

2 Abstrakt

Kamenná moře jakožto indikátor vývoje krajiny se specifickým mikroklimatem jsou prezentována v mnoha vědeckých publikacích. Předkládaná diplomová práce je zaměřena na zjištění vztahu mezi tvrdostí kamenných bloků a příjmem potenciální radiace, se zhodnocením morfologie, polohy a místních podmínek. V rámci vybraného studovaného území v severních Čechách bylo zaznamenáno celkem 73 kamenných moří, z čehož bylo vybráno 22 lokalit pro bližší šetření. Z výsledků statistických analýz byl prokázán vztah mezi příjmem potenciální radiace a míry navětrání kamenných bloků. Analýzy dále ukazují na vztah mezi tvrdostí kamenných bloků v kamenných mořích a orientací moří ke světovým stranám, který se ukázal jako signifikantní. Provedené testy analýz jednotlivých třetin (výškových) kamenných moří ukázaly na možnost pohybu kamenných bloků po svahu dolů.

Klíčová slova: kamenné moře, příjem potenciální radiace, Schmidt hammer test, neovulkanity, severní Čechy

3 Abstract

Blockfields as an indicator of landscape development with a specific microclimate is presented in many scientific publications. This diploma thesis is focused on finding the relationship between the hardness of stone blocks and the intake of potential radiation, with an assessment of morphology, location and local conditions. Within the selected study areas in Northern Bohemia was recorded a total of 73 blockfields, of which 22 sites were selected for further investigation. From the results of the statistical analyses was shown the relationship between the income potential of radiation and the degree of ventilation of stone blocks. The analyses also show the relationship between the hardness of stone blocks in the blockfields and the orientation of the blockfields to the world's sides, which proved to be significant. The tests performed by the analyses of each third (high) stone seas have shown the possibility of moving rock blocks downhill.

Keywords: blockfield, potential radiation intake, Schmidt hammer test, neo-vulcanite, northern Bohemia

4 Úvod

Kamenná moře jsou významným geomorfologickým prvkem v krajině, který s sebou přináší mnoho otázek a neznámých.

Jednou z otázek je například současná aktivita kamenných moří, tedy zda v dnešní době pokračuje jejich vývoj, nebo zda je jejich vývoj již u konce, či zda jsou ve fázi tzv. hibernace (French, 2000 in Goodfellow, 2007) a jejich budoucí aktivita je otázkou změny stávajících přírodních podmínek. Kamenná moře vznikala převážně v jiných klimatických podmínkách, než které panují nyní a je na místě zjistit, zda či jak pokračuje jejich vývoj (Rubín a Balatka et al., 1986).

S měnícími se podmínkami v okolí daného fenoménu se materiál kamenných moří (obvykle bloků) přizpůsobuje podmínkám nově vzniklým. Kamenné bloky jsou nehybné, nebo se sunou po svahu dolů. Některá zase zarůstají mechem a lišejníky, jiná nemají svůj povrch chráněn žádnou vegetací (Bouček a Kodým, 1958). Vzhled, vývoj a vlastnosti kamenných moří byly a jsou dány okolními přírodními podmínkami, stářím, či genezí.

Nezanedbatelnou vlastností je i specifické mikroklima, které je pro kamenná moře typické (obr. 1). Cirkulace vzduchu uvnitř kamenného moře je odlišná od vnějšího prostředí tím, že dokáže konzervovat studený vzduch uvnitř kamenných moří a vytvářet tak výrazně odlišné podmínky (mikroklima) od blízkého okolí (Zacharda, Gude a Růžicka, 2007).



Obr. 1: Dutina s výskytem ledu na úpatí kamenného moře na vrchu Kamenec, 17. 4. 2017.

Důvodem zkoumání kamenných moří je jejich specifčnost a unikátnost z hlediska mikroklimatu, které může ovlivnit intenzitu zvětrávání bloků kamenných moří, ale i výskyt specifické flóry i fauny.

Hlavním cílem této práce je tedy stanovit vliv nerovnoměrného příjmu energie na intenzitu zvětrávání a charakterizovat kamenná moře dle polohy, morfologie a stupně navětrání.

Zájmovým územím předkládané práce jsou severní Čechy, konkrétně rozhraní Lužických hor a Českého středohoří, oblast s četnými výskyty kamenných moří.

5 Teoretický úvod ke kamenným mořím a k jejich zvětrávání

5.1 Kamenná moře

5.1.1 Definice kamenných moří, jejich morfologie a stavba

Přírodním fenoménem zvaným „kamenné moře“ se již řadu let ve svých vědeckých pracích zabývá mnoho výzkumníků. S tím se ale objevují i rozdílné definice, které se více či méně podobají. Většina autorů se shoduje na složení kamenného moře z hrubých balvanových bloků vzniklých v chladném prostředí (tab. 1). Naopak sklon svahu není jako argument pro definici kamenného moře hojně využíván.

Tab. 1: Rešerše literatury k definici kamenných moří, první část.

Autor / kolektiv autorů	Definice kamenných moří
Petránek et al. (2016)	Kamenná moře představují nahromadění hrubého horninového materiálu (bloků, balvanů) na temenech nebo mírných svazích hor bez skalních srázů nad nimi. Podle velikosti nebo tvaru materiálu lze rozlišit blokové nebo balvanové moře. V naší oblasti vznikají kamenná moře jako výsledek pleistocenního mrazového zvětrávání.
French (2000) in Goodfellow (2007), Harris et al. (1988)	Definovat kamenná moře lze jako povrchovou vrstvu hranatých úlomků (tzv. hranáčů) vzniklých buď v současných, nebo v pleistocenních periglaciálních prostředích.
Allaby (2008)	Kamenná moře jsou tvořena mrazem rozdrobenými, hrubými (hranatými) skalními úlomky, rozprostírajícími se na rovném nebo mírně se svažujícím horském povrchu. Vzniklá v současném nebo bývalém periglaciálním prostředí.
Ballantyne (2010)	Kamenná moře jsou situována v současném nebo v bývalém periglaciálním prostředí
Dahl (1966) a French (2000) in Goodfellow (2007)	Autochtonní kamenná moře nemusí být nezbytně považována za periglaciální prvky. Některá autochtonní kamenná moře mohou být holocenního původu.
Rubín, Balatka et al. (1986)	Kamenné moře je synonymem k balvanovému moři. Charakteristickým rysem je vznik úplným kryogenním nebo termogenním rozpadem rozsáhlých skalních výchozů přímo na místě, anebo obnažením balvanů ze zvětralinových plášťů. Vzhledově a místně se jedná o balvanové plošné akumulace na temenech horských hřbetů a na mírných svazích. Podstatným rysem je také téměř úplné odstranění jemných částic vyvátím nebo splachem z prostor mezi balvany. Vznik a proces zvětrávání kamenných moří probíhají i dnes. Termín blokové moře se používá při akumulaci bloků větších než 1 m v průměru. Kamenná moře se dělí na autochtonní a alochtonní.
Demek (1987)	Kamenná moře řadí mezi zvětralinové pláště vzniklé fyzikálním zvětráváním. Území je více než z 50 % povrchu pokryto kamenitými zvětralinami (svahovými sedimenty).
Smolová a Vítek (2007)	Za důležitou podmínku pro označení „kamenné moře“ je považována hustota pokrytí povrchu bloky. Aby se dalo seskupení bloků na povrchu označit za kamenné moře, musí bloky pokrývat alespoň 50 % území.

Autor / kolektiv autorů	Definice kamenných moří
Huggett (2007)	Kamenná moře představují plošně rozsáhlý tvar, vzniklý intenzivním mrazovým zvětráváním, tvořen hrubými a hranatými horninami, a to až do sklonu 35°. Při strmějším sklonu se takové tvary nazývají blokovými proudy.
Ballantyne (1998) in Goodfellow (2007) a Whalley et al. (2004)	Kamenná moře lze vnímat jako nejběžnější ukazatel reliktního ne-glaciálního povrchu. Kamenné moře (blockfield) někdy též pod pojmem felsenmeer nebo boulder fields lze nalézt převážně na horských vrcholcích a plošinách. Rea et al. (1996) dodává převážný výskyt v arktických a alpských oblastech po celém světě.
Hättestrand a Stroeven (2002) in Goodfellow (2007)	Kamenná moře lze shledávat také v nižších nadmořských výškách.
Bouček a Kodym (1958)	Hrubě balvanité kamenné suti (jinak též kamenná moře) pokrývající místy horské stráně, vznikají především působením mrazu. Dnes jsou většinou jednotlivé balvany obrostlé rostlinstvem (např. lišejníky). Rostlinný pokryv považuje Bouček a Kodym (1958) za předpoklad, že jsou kamenná moře pozůstatkem dřívějšího intenzivnějšího mrazového rozpadu ve starších čtvrtohorách. Kamenná moře jsou tvořena hranáči, ty řadí mezi velkozrnné úlomkovité usazeniny (psefity).
Kukal, Němec a Pošmourný (2005)	Kamenné (balvanové) moře představuje akumulaci hrubých blokových štěrků na mírných svazích nebo rovinách. Označení "kamenné moře" by mělo být užito pouze tehdy, kdy při jeho vzniku sehrály podstatnou roli mrazové pochody. Kamenná moře se od blokových moří liší tím, že v blokových mořích jsou přes metr velké kusy balvanů. Pro kamenná moře jsou typické ostrohranné balvany granitů, křemenců, rul, bazaltů a tvrdších pískovců.
Motýčková et al. (2012)	Kamenná moře popisuje jako chaoticky uspořádané, plošně rozsáhlé balvanové pokryvy vznikající na temenech horských hřbetů nebo na mírných svazích. Kamenná moře se dělí na autochtonní a alochtonní.
Chlupáč et al. (2002)	Kamenná moře zařazuje mezi deluviální (svahové) uloženiny. Ty, které pocházejí z období glaciálů, jsou tvořeny drobnějšími ostrohrannými úlomky. Takové uloženiny, které pocházejí z období interglaciálů, jsou tvořeny hrubě balvanitými úlomky.
Kunský et al. (1968)	V období glaciálů narušoval mráz skalní výchozy, ze kterých se ulamovaly balvany (kongelifrakce). Ty později tvořily balvanité pokryvy zvané kamenná moře.
Kettner (1953)	Nahromadění ostrohranné, hrubé kamenité suti horských vrcholů se označuje termínem kamenné moře. Ostrohranné kusy se nazývají hranáče a kamenná moře se řadí mezi hrubozrnné uloženiny (psefity).
Vojen (1973)	Kamenná moře jsou tvořena svahovinami balvanitě větrajících hornin s převahou hrubých bloků.
Karniš et al. (1967)	Vznik kamenných moří v našich pohořích vysvětluje rušivou činností mrazu.
Goudie (2004)	Kamenná moře jsou tvořena rozsáhlým pokryvem povrchu hrubými bloky. Kamenná moře se dělí na autochtonní, para-autochtonní a alochtonní. Vykytují se v bývalých nebo současných periglaciálních oblastech. Kamenné bloky jsou menší než 1–2 m délky. Mocnost kamenného moře dosahuje 0,5–4 m, v údolním dnu mohou dosahovat mocnosti 10 m a více.

Na základě rešerše literatury byla vytvořena definice kamenných moří platná pro studované území: „Kamenná moře jsou tvarem vzniklým v bývalém periglaciálním prostředí, tvořena

nahromaděnými hrubými ostrohrannými sedimenty. Bloky v průměru nedosahují velikosti přes 1 m a pokrývají alespoň 50 % povrchu.“

Kamenná moře nejsou dominantou pouze horských oblastí, ale vyskytují se i v o mnoho nižších nadmořských výškách (např. Kamenec mezi Žandovem a Benešovem nad Ploučnicí, s kamenným mořem ve výšce okolo 300 m n. m. – pozn. autora).

Kamenná moře se skládají z jednotlivých bloků, někdy též zvaných kryoklastů. Ty jsou obvykle díky svému vzniku ostrohranné, až mírně zaoblené, a jejich nakupením vznikají typická kamenná moře. Velikost takových bloků závisí na mnoha faktorech, především však na typu horniny a jejím rozpukáním (Czudek, 2005).

Důležitou charakteristikou ovlivňující morfologii a stavbu kamenných moří je sklon. Čím je sklon svahu větší, tím je pro sediment snazší překonání tření a následný pohyb.

Kamenná moře spadají dle klasifikace Němčoka et al. (1974) in Růžicková (2003) mezi geomorfologické formy tvořené gravitačními svahovými sedimenty. Tyto sedimenty jsou transportovány výhradně nebo téměř výhradně vlivem gravitace a pohybují se saltací, pádem, řícením či posouváním (Růžicková, 2003). Gerber a Scheidegger (1974) se dále zmiňují o transportu formou kutálení (rolling).

Podle toho, zda dochází k přemístění bloků či nikoli, lze rozdělit kamenná moře na alochtonní a autochtonní (Goodfellow, 2007).

Svahový sediment, který nezůstává na jednom místě, ale dochází k jeho pohybu vlivem okolních činitelů, se nazývá alochtonní sediment.

V opačném případě se sediment, který neprošel přemístěním, nazývá autochtonní sediment (Růžicková, 2003).

Druhým obvyklým způsobem rozdělení kamenných moří je dle výplně prostoru mezi jednotlivými bloky. Pokud se mezi bloky nachází volný prostor a je tak umožněna cirkulace vzduchu, hovoříme o tzv. openwork struktuře (obr. 2).

Druhou variantu v rozdělení kamenných moří dle vyplnění prostoru mezi bloky zastupují kamenná moře tvořena rozmístěnými bloky v matrixu jemných částic (Ballantyne, 2010), tedy s vyplněnými prostory mezi jednotlivými bloky (obr. 3). Taková kamenná moře se často nacházejí v oblasti bez přítomnosti skalního výchozu a vytvářejí pokryvy na plochých rozvodních částech terénu (Czudek, 2005).



Obr. 2: Openwork struktura kamenného moře na vrchu Klíč.



Obr. 3: Vyplněné prostory mezi bloky na kamenném moři na vrchu Hvozd.

Czudek (2005) dělí kamenná moře na mělká a hluboká a pro zařazení do správné kategorie sleduje jejich mocnost a pokryv.

Mělká kamenná moře jsou obvykle tvořena bloky (klasty), které pokrývají 30–50 % dané plochy, nejsou nakupena na sobě a vykazují tak menší mocnost. Zde se dá hovořit také o tzv. kamenném poli, neboť hodnota 50 % pokryvu bloků daného území je často považována za hranici, kdy lze hovořit o kamenném moři (Czudek, 2005).

Hluboká kamenná moře jsou obvykle tvořena bloky (klasty), které pokrývají více než 50 % plochy a blíží se dokonce k 100 %. Mezi jednotlivými bloky se obvykle nenachází jemnější matrix, tím je zde také omezen výskyt vyšší vegetace (Czudek, 2005). Dle obecně uznávané klasifikace pokryvu plochy kamennými bloky více než z 50 % lze v tomto případě hovořit o „pravých“ kamenných mořích.

5.1.2 Geneze kamenných moří a jejich současná aktivita

Dle Czudka (2005) jsou kamenná moře typickým představitelem drsných klimatických podmínek, za jejichž působení se vyvinula. Jedná se o geologické období zvané čtvrtohory, především pak starší čtvrtohory, jejichž počátek je stanoven do doby před 2,58 mil. let (INQUA, 2018).

Zdrojem materiálu pro vznik bloků mohou být v první řadě skalní výchozy (obr. 4), které se vlivem zvětrávání (často mechanického) rozpadají a uvolňují jednotlivé klasty (bloky) formou řícení. Tomuto materiálu se také říká „klastický materiál“.



Obr. 4: Skalní výchoz na vrchu Klíč s kamenným mořem na JZ svahu.

Kromě prvního modelu vzniku kamenných moří vlivem řícení bloků ze skalních stěn lze uvést ještě druhý způsob vzniku. Kamenná moře mohou vznikat také obnažením balvanů ze zvětralinových plášťů. Tento způsob vzniku není pro mírný klimatický pás příliš významný (Raška, 2011) a obvykle lze tento typ vzniku kamenných moří poznat díky chybějícímu matrixu mezi jednotlivými bloky. Ten byl vlivem splachu a vyvátí odnesen (Rubín a Balatka et al., 1986). Kamenná moře navštívena v terénu vykazovala ve většině případů pokrytí plochy svahu blízko k 100 %. Na obr. 5 je patrný pokryv povrchu bloky blížící se 100 % a právě periglaciální prostředí dalo s největší pravděpodobností vzniknout tak rozsáhlé akumulaci blokových sedimentů. Podmínky, které tehdy panovaly, např. intenzivní mrazové zvětrávání, umožnily rozpad horniny v takové míře (např. Czudek, 2005).



Obr. 5: Kamenné moře na svazích vrchu Klíč.

Ve čtvrtohorách docházelo ke střídání glaciálů s interglaciály, tedy chladnějších a teplejších období. Chladnější období pak dovolila snadnější pohyb materiálu (Tyráček 1997 in Czudek, 2005), neboť svahy nebyly porostlé vegetací a sedimenty mohly snáze putovat (Růžicková, 2003). Byly tedy vytvořeny vhodné podmínky pro intenzivní mrazové zvětrávání,

vznik a pohyb blokových akumulací (Bouček a Kodym, 1958; Czudek, 2005). Dnešní kamenná moře pokryta lišejníky a dalším rostlinstvem by tak ukazovala spíše na neaktivitu v současných podmínkách (Bouček a Kodym, 1958). Mnohá kamenná moře jsou však i dnes odkrytá, bez vegetace a s potenciálem aktivity kamenných bloků v posunu dolů po svahu. Vývoj a změny kamenných moří zřejmě nejsou u konce, pouze již nejsou tak rychlé. Chábera (1954 a 1955) in Czudek (2005) se například domnívá, že v současné době dochází převážně k zarůstání kamenných moří. Odlišují se tak od druhého myšlenkového proudu, který pracuje s teorií vnikání spodní části kamenného moře do lesní oblasti.

5.1.3 Proudění vzdušných hmot a extrazonální permafrost

Kamenná moře disponují v průběhu celého roku vlastním teplotním režimem. Značně se liší teplota vně i v blízkém okolí kamenného moře od okolního prostředí. Harris a Pedersen (1998) přišli se zjištěním, že při zemi je průměrná roční teplota vzduchu u kamenných moří o 4–7 °C chladnější než u jiných forem pokryvu povrchu. Juliussen a Humlum (2008) naměřili 1 m pod povrchem kamenného moře průměrné roční teploty o 1,3–2 °C nižší v porovnání s okolím.

Pro mikroklima kamenných moří je typická cirkulace vzduchu, kdy v létě na úpatí kamenných moří vytéká chladný vzduch z otvorů mezi bloky. Kubát (1974) používá pro tuto oblast ventilace vzduchu výraz ventarol, a to jak při vytékání chladného vzduchu v létě na úpatí kamenného moře, tak při unikání teplého a vlhkého vzduchu v horních částech kamenného moře v zimě. Sasaki (1986) in Sawada et al. (2003) tento fenomén nazývá „větrný otvor“ (wind hole). K cirkulaci vzduchu uvnitř kamenného moře je zapotřebí tzv. openwork struktura, tedy s mezerami mezi jednotlivými bloky (Delaloye, 2003).

V zimním období, kdy nastává pokles teploty vzduchu v okolí kamenného moře (EAT), dochází uvnitř kamenného moře k pohybům vzduchových hmot. Teplejší a lehčí vzduch stoupá po svahu vzhůru, aby mezi štěrbinami opouštěl blokovou akumulaci. Tento jev lze v terénu sledovat jako mlhu, která se objevuje v horní části svahu (Zacharda, Gude a Růžička, 2007). Teplejší vzduch je ve spodní části svahu nahrazován nasáváním studeného vzduchu. Zacharda, Gude a Růžička (2007) zjistili, že se teploty EAT a IT (teplota uvnitř kamenného moře) mohou lišit i o více než 15 °C, když EAT dosahovaly v březnu 2004 14–16 °C, ale IT byly stále pod bodem mrazu. Pujmanová (1989) in Růžička (1993) uvádí, že v srpnu roku 1988 bylo v horní části kamenného moře na vrchu Kamenec u obce Starý Šachov naměřeno 33 °C (1 cm nad povrchem mechorostu), v ledové jámě na úpatí daného kamenného moře teplota dosahovala 2,5 °C.

V letním období se studený a těžký vzduch pohybuje směrem dolů a teplý vzduch je v horních partiích svahu nasáván (Kubát, 1974). Na úpatí kamenného moře lze být v letním období svědkem citelně chladného vzduchu vycházejícího z mezer mezi jednotlivými bloky.

V zimním i letním období tak dochází k proudění studeného vzduchu ve spodních částech kamenného moře. Tato oblast se tedy jeví jako potenciální oblast možného výskytu permafrostu i v našem klimatu. Wakonigg (1996) in Sawada et al. (2003) vysvětluje lokální výskyt permafrostu v teplejším klimatu faktory jako cirkulace vzduchu mezi atmosférou a kamenným mořem a tvorbou pozemního ledu.

Permafrost je definován jako "část zemské kůry, která zůstává na, nebo pod 0 °C po dobu nejméně dvou po sobě jdoucích let" (The International Permafrost Association, 1998 in Etzelmüller a Hagen, 2005).

Na území České republiky docházelo k tvorbě permafrostu ve studených obdobích pleistocénu (Czudek 1986, 1997 in Czudek, 2005) a většina kamenných moří patří mezi přímé geomorfologické indikátory dřívějšího permafrostu v České republice.

5.1.4 Uskupení podobná kamenným mořím

Kamenná moře mohou přecházet v mírně odlišný balvanový pokryv, a to v balvanový proud (též kamenný proud). Ten se obvykle nachází na okraji kamenných moří tam, kde dochází ke zvětšení sklonu a výskytu terénní deprese (Rubín a Balatka et al., 1986). V balvanovém proudu dochází k pohybu v řádech centimetrů za rok (Rubín a Balatka et al., 1986). Huggett (2007) přidává pro označení balvanového pokryvu termínem „blokový proud“ podmínku sklonu svahu přesahující 35°.

Dalším typem balvanového pokryvu je tzv. kamenné stádo, výsledek zvětrávání granitoidů na mírnějších svazích (než kamenná moře). Je tvořeno většími jednotlivými osamocenými bloky o rozměrech cca 1–4 m, které byly po odnosu zvětralin obnaženy. Vytváří velmi osobitý ráz krajiny tam, kde se nachází (Rubín a Balatka et al., 1986).

5.2 Zvětrávací procesy

5.2.1 Základní dělení činitelů zvětrávání

Zvětrávání představuje rozpad horniny za působení biologické, chemické, nebo mechanické síly. Zvětráváním vzniká tzv. zvětralinový plášť, který buďto zůstává na místě, nebo je odnesen pryč, převážně pak působením gravitace nebo tekoucí vody (Huggett, 2007). Pojem eroze je součtem

procesů stojících za rozrušením materiálu, jeho následným zdvihem a odnosem zvětralin jedním z transportních médií (ledem, vodou, větrem) (Huggett, 2007).

Dle Hall a André (2001) mají na zvětrávání horniny vliv především tři vlastnosti: teplota horniny, vlhkost horniny a vlastnosti dané horniny. Vlivem zvýšené vlhkosti může docházet k tzv. bobtnání horniny a jejímu rozrušování (Demek, 1987)

Dle Czudka (2005) je z klimatického hlediska rozhodujícím faktorem zvětrávání rychlost a velikost poklesu teploty povrchu terénu pod bod mrazu, dále i počet a intenzita (amplituda) regulačních cyklů. Dalšími důležitými faktory jsou: litologické vlastnosti hornin, obsah vody v hornině a intenzita rozpukání (Czudek, 2005).

V období pleistocénu docházelo jak k mechanickému (fyzikálnímu), tak i k chemickému zvětrávání hornin (Czudek, 2005). U chemického zvětrávání dochází nejčastěji ke změně minerálního složení horniny vlivem působení kyselé vody, rozpouštějící karbonátovou horninu. Druhým nejčastějším způsobem je zoxidování minerálů železa a tvorba rzi (Shaw, 2018). Dle Huggetta (2007) dochází k chemickému zvětrávání v celém rozsahu klimatických podmínek za působení roztoků (rozpuštění), hydratace, oxidace, redukce, karbonace a hydrolýzy.

Mechanické zvětrávání, tzv. dezintegrace (Habětín, 1985) má u kamenných moří zásadní význam pro jejich formování a dnešní vzhled. Dle Czudka (2005) jsou kamenná moře, ale i kamenné proudy, mrazové sruby a tory výsledkem především mechanického zvětrávání. Hlavním výsledkem mechanického zvětrávání je zmenšování velikosti horninových celků, resp. již dezintegrovaných jejich částí rozdrobením na menší fragmenty (Huggett, 2007).

Minerály hrají důležitou roli ve zvětrávacích procesech. Horniny jsou obvykle složeny z několika druhů minerálů s odlišnými vlastnostmi. Při stresu, jako je například změna teploty, reagují jednotlivé druhy minerálů rozdílně a poskytují tak větší prostor pro rozrušení horniny (Kielmas, 2017).

Zajímavým zvětrávacím činitelem je také biota, působící vlivy biologickými a biochemickými. Jejím hlavním představitelem jsou lišejníky a mechy, které mimo chemických procesů, které vyvolávají, vyvíjejí svými kořínky také fyzické napětí na bloky kamenných moří (Etienne 2002 in Matsuoka a Murton, 2008). V puklinách horniny s obsahem půdní složky může vyklíčit semeno rostliny. Kořínky rostlin následně rozrušují sourodost horniny. Většího efektu biogenního zvětrávání lze nalézt u kamenných moří s matrixem mezi jednotlivými bloky. Dřevnaté kořeny, které se vyskytují za přítomnosti matrixu, působí tlakem, který dokáže uvolnit i veliké balvany (Bouček a Kodým, 1958).

Rostlinný pokryv na povrchu horniny však i v jisté míře danou horninu chrání před ostatními zvětrávacími činiteli (Bouček a Kodým, 1958). Dle Rašky (2011) dokáže větší vegetace, jako jsou

stromy a keře, v konkrétních případech usměrňovat pohyb bloků na svahu a v některých případech působit bariérovým efektem.

Samotné zvětrávání horniny začíná ihned po kontaktu s vnějšími činiteli (zvětrávacími), například po výlevu a utuhnutí magmatu. Hornina se tak dostává do stavu bližšímu aktuálním podmínkám, než v jakých se nacházela před kontaktem s vnějšími činiteli (Demek, 1987). Jako první se na povrchu balvanů začíná tvořit tzv. zvětrávací (též zvětralinová) kůra (Demek, Quitt a Raušer, 1975), ta bývá měkčí, matnější a zemitější. Poznává se především podle jiné barvy, než jakou by daná hornina měla mít, resp. jakou má ve větší hloubce (uvnitř) balvanu. Jinak ostré hrany balvanů se s přibývajícím časem, a spolu s přibývajícím zvětralinovou kůrou, ohlazují (Bouček a Kodým, 1958).

5.2.2 Teplota jako zvětrávací činitel

Teplota je významný činitel změny horniny, často ovlivňuje rychlost a typ zvětrávání. Nejenže je u zrodu horniny, ale podílí se i na destrukci a tvorbě menších fragmentů, bloků a jejich modifikaci. Čedič vzniká při tuhnutí lávy na povrchu Země při rychlém ochlazení (Shaw, 2018).

Při zahřátí nebo ochlazování horniny dochází k tzv. deskvamaci. Tento pojem označuje odlučování tenkých slupek hornin vlivem napětí, způsobeném změnou teploty horniny. Napětí se vytváří především díky vlastnosti horniny, kterou je její špatná tepelná vodivost (Demek, 1987). Změna teploty, resp. kolísání, zapříčiňuje expanzi a kontrakci horniny. Takovým kolísáním může být v některých oblastech i střídání dne a noci, kdy se teplota a příjem energie mezi těmito částmi dne významně liší a dochází tak ke změnám teploty povrchu horniny. Tento cyklus, den za dnem, nutí jednotlivé minerály k nesourodé expanzi a kontrakci a postupně, přes malé trhlinky, způsobuje rozpad daného masivu (Gillaspy, 2013). Horniny jsou složeny nejen z jednotlivých minerálů, ale i z menších a větších zrněk a krystalů. Ty se v hornině chovají jako individua a také jako individua reagují na tepelné změny (Bouček a Kodým, 1958). Jednotlivé krystalky se v neposlední řadě liší i stupněm roztaživosti. Tmavší krystalky se například rychleji zahřívají a zároveň pomaleji chladnou, než jejich sousední světlejší krystalky. Zajímavým případem větší absorpce tepelného záření jsou tmavé skvrny na povrchu horniny zanechané odumřelými lišejníky (Huggett, 2007). Všechny nesoulady vyvolávají v hornině vnitřní napětí, které má časem za následek vznik drobných puklin (Bouček a Kodým, 1958).

Blokové akumulace vytvářejí jedinečné mikroklima. Za slunného počasí se může povrch kamenité sutě rozpálit více, než jednolitá skála (Růžička 1990, Růžička a Růžička 1990 in Růžička 1993), a to díky vzduchovým prostorům mezi bloky, které fungují jako izolace. Typické pro takové sutě je to, že ačkoli povrch může být velice rozpálen díky slunečnímu svitu, v hloubce suti se udržuje

chladný vzduch. Dokonce v hloubce převyšující jeden metr nedochází prakticky ke kolísání denní teploty (Růžička 1990, Růžička a Růžička 1990 in Růžička 1993).

Povrch suti bývá obvykle suchý, ale uvnitř akumulace se hromadí po blocích stékající dešťová voda a udržuje vlhký vnitřní prostor (Růžička, 1993). Do akumulovaných bloků v tomto narušeném prostředí může vniknout voda, která při zmrznutí zvětší svůj objem a může způsobit ještě intenzivnější rozpad horniny (Demek, 1987). Demek (1987) tak označuje pokles teploty pod bod mrazu za efektivnější nástroj mechanického zvětrávání, než teplotu samotnou.

Názor, že je teplota jedním z činitelů rozpadu horniny, je obecně přijat. V některých chladných oblastech však není limitujícím faktorem zvětrávání teplota, ale dostupná vlhkost. V chladných oblastech bez přítomnosti vlhkosti může docházet k menšímu narušení horniny, než v oblastech méně chladných, ale s větší vlhkostí. O přesném vlivu vlhkosti na rozpad horniny se stále diskutuje (Hall, et al., 2002), stejně tak o vlivu vlhkosti na měření tvrdosti horniny.

5.2.3 Zvětrávání a příjem energie

Topografické charakteristiky hrají neméně důležitou roli při určování místního klimatu a intenzity zvětrávání, zejména sklon, orientace a expozice povrchu. Ve středních a vysokých polohách severní polokoule svahy orientované na jih dostávají více energie na jednotku plochy, a proto mají větší tepelnou amplitudu než svahy s odlišnými orientacemi (Beniston, 2006). Důležitým poznatkem v mnoha výzkumech však je, že severně orientované strany dosahují výrazně vyšší intenzity zvětrávání, než strany s jižní expozicí (Sass, 2005). Tento fakt nemůže být odůvodněn pouze počtem mrazových dní (jsou pro severní i jižní stranu stejné), ale spíše delšími a intenzivnějšími obdobími mrazů, nebo vyšší vlhkostí na severní straně (Sass, 2005).

Teplota by se měla zkoumat nejen na povrchu horniny, ale i v různých hloubkách. Za zásadní se také považuje gradient teploty a rychlost změny teploty (Kelly a Zumberge, 1961, André, 1993 in Hall a André, 2001).

Teplota povrchu horniny se může měnit i v takových oblastech, kde by za normálních okolností byla poměrně konstantní. Za touto anomálií stojí vítr, resp. jeho změna rychlosti (Nienow, 1987 in Hall, and André, 2001), kdy obvykle povrch vystavený působení větru vykazuje nižší teplotu.

Při popisu změny teploty a jejího vlivu na zvětrávání horniny je obvykle míněna změna teploty kolem 0 °C, nejlépe za přítomnosti vody v hornině. K tepelnému šoku, který při určité změně teploty horniny způsobuje její rozrušení, dochází však téměř kdekoli na teplotní stupnici. Za takový šok se označuje změna teploty o 2 °C (a vyšší) za 1 minutu. Rozmezí může být například od +32 °C do +34 °C, ale i od -15 °C do -17 °C (Richter a Simmons, 1974; Yatsu, 1988 in Hall a André, 2001). Příkladem pro lepší představu je situace, kdy je vlivem zastínění slunce oblakem

teplota horniny snížena, aby poté, co slunce opět osvítlí horninu svými paprsky, vzrostla a způsobila tak tepelný šok (Richter a Simmons, 1974; Yatsu, 1988 in Hall a André, 2001).

5.2.4 Mrazové zvětrávání

Dle Migon a Goudie (2001) in Whalley et al. (2004) je mrazové zvětrávání závislé na zeměpisné šířce, nadmořské výšce a topografii.

Smolová a Vitek (2007) i Demek (1987) hovoří o dvou typech mrazového zvětrávání.

Prvním je tzv. islandský (oceánský) typ, druhým je tzv. sibiřský typ (kontinentální). Kamenná moře ve větší míře vychází pravděpodobně z druhého zmiňovaného typu, kde dochází k poměrně velkým denním výkyvům teplot, které jsou potřebné pro vznik zvětralin tvořící kamenná moře.

Anderson (1998) in Kellerer-Pirklbauer (2017) zkoumal na základě experimentu Halleta (1991) in Kellerer-Pirklbauer (2017), při jakých teplotách pod bodem mrazu dochází k významnému štěpení horniny. Hallet (1991) in Kellerer-Pirklbauer (2017) se svým experimentem na blocích pískovce dospěl k hodnotám mezi -3 °C až -8 °C. Právě Anderson (1998) in Kellerer-Pirklbauer (2017) nazval toto rozmezí „the frost cracking window“ a po řadě experimentů se přiklonil k rozmezí -3 °C až -10 °C v závislosti na typu horniny. McGreevy a Whalley (1982) in Kellerer-Pirklbauer (2017) prohlásili, že není až tak důležitá rychlost mrznutí, jako intenzita mrznutí, tedy jak moc je teplota pod 0 °C.

Vývoj kamenných moří, resp. jejich mrazové zvětrávání, se projevuje i v dnešní době, a to především na přelomu zimy a jara. Takovému typu mrazového zvětrávání se jinak říká „mrazové tříštění“ (gelivace) a vyznačuje se vnikáním vody do horninových spár, kde v mrazech dochází k tuhnutí a zvětšování objemu kapaliny (Petránek et al., 2016). Následně dochází k horninovému tříštění na bloky či jednotlivá zrna horniny (Demek, 1987).

Ostrohranné úlomky a velké bloky vznikaly právě díky opakované změně teploty horniny, která se společně se zamrzáním vody v puklinách a pórech rozpadala. U pevných hornin se takové procesy označují jako mrazové tříštění podél puklin, vrstevních ploch a ploch břídlícnosti (Czudek, 2005).

Mrazové zvětrávání vytváří typické tvary v krajině. V základu vytváří obvykle kamenité proudy bloků s typicky hranatou formou, tzv. hranáči (Boelhouwers, 1999). Hranáče bohužel nelze jednoduše označit jako tvar vzniklý procesem mrazového zvětrávání, mohou vznikat jak mechanickým (mrazovým zvětráváním), tak i hloubkovým chemickým zvětráváním, často autochtonních kamenných moří (Ollier 1984 in Boelhouwers, 1999).

Mrazovému zvětrávání, typickému pro kvartér, předcházelo období vlhčí a teplejší. Takové podmínky zřejmě mohly za tvorbu trhlinek v hornině, která později lépe podléhala mrazovému zvětrávání a byla tak usnadněna tvorba kamenných moří (Boelhouwers, 1993 a 1996 in Boelhouwers, 1999).

5.2.5 Objemová expanze kapaliny

Objemová expanze je velmi účinným prostředkem rozrušení horniny. Voda, která v hornině vyplní mezery a zmrzne in situ, zvětší svůj objem až o 9 % (Matsuoka, 2008; Bouček a Kodym, 1958) a může při teplotě -22 °C dosahovat tlaku až 207 MPa (Matsuoka, 2008). Park (2015) upřesňuje zvětšení objemu vody až o 9,05 %. Tomuto tlaku neodolá téměř žádná hornina, ale to ani při vyšších teplotách pod bodem mrazu (-21 °C, -20 °C atd.). Nejedná se o příliš zdoluhavý proces, u čediče dochází již po deseti cyklech mrznutí-tání v hornině ke spojení sousedních pórů (Park, 2015).

Při objemové expanzi by však hornina musela být nasáklá vodou z velké části a zároveň by muselo dojít k rychlému zmrznutí vody ze všech stran a to nebývá obvyklé. Tento proces se díky špatným vlastnostem tepelné vodivosti hornin vyskytuje v hloubce max. několika cm od povrchu horniny (Kielmas, 2017), kde jsou póry a trhliny naplněny vodou a jsou schopny rychle zmrznout (Matsuoka a Murton, 2008).

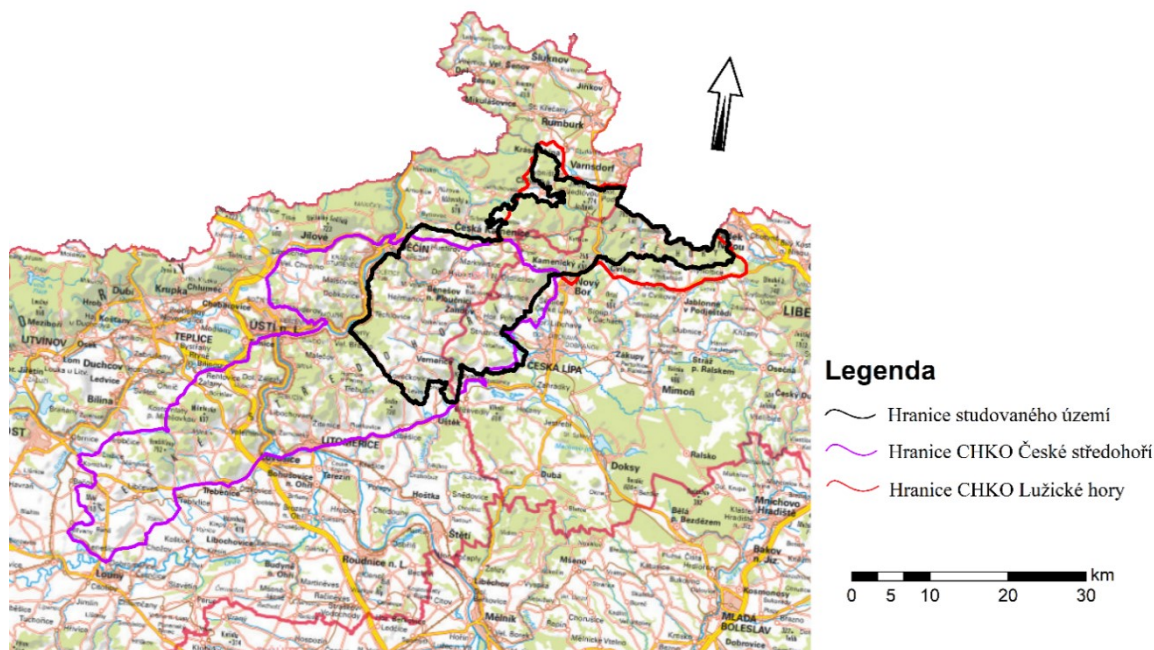
Druhým způsobem, kdy objemová expanze narušuje horninu, je hydrofrakturou. Hydrofraktura vzniká v horninách nasycených vodou s delšími propojenými póry, nebo tam, kde se vyskytuje velký hydraulický gradient. Při zamrzání vody nemá často tato voda v úzkých pórech čas opustit horninu a působí tak značným tlakem na horninu. Ta se pod nápoem tlaku deformuje a rozšiřuje trhliny (Matsuoka a Murton, 2008).

Dalším způsobem, kdy může objemová expanze porušit strukturu horniny, v tomto případě minerální částice, je tvorbou ledu v mikrotrhlinách, tzv. klínovým efektem. Či také zmražením vody v rámci plynokapalné inkluze (Matsuoka a Murton, 2008).

6 Charakteristika území vztažena ke zkoumanému fenoménu

6.1 Poloha zájmového území

Studované území (obr. 6) se nachází na pomezí Lužických hor a Českého středohoří a zasahuje do CHKO Lužické hory a CHKO České středohoří.



Obr. 6: Vymezení studovaného území s hranicemi vybraných CHKO.

Z hlediska geomorfologického členění dle Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006) se studované území nachází v okrscích: Jedlovský hřbet, Hvozdecký hřbet, Klíčská hornatina, Benešovské středohoří a Bukovohorské středohoří (tab. 2).

Tab. 2: Geomorfologické regionální zařazení studovaného území dle Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006).

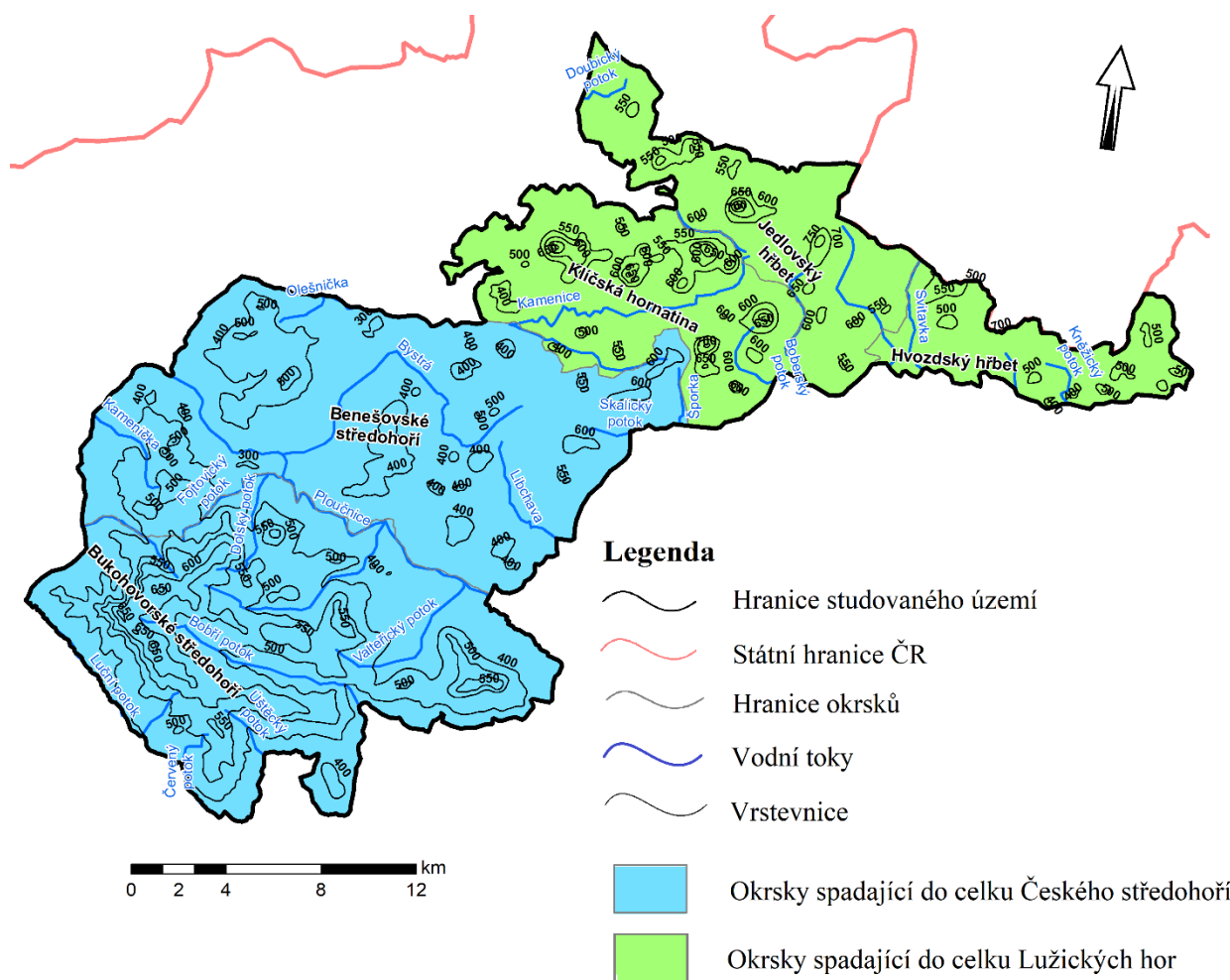
Provincie	Soustava (subprovincie)	Podsoustava (oblast)	Celek	Podcelek	Okrsek
Česká vysočina	Krkonošsko-jesenická	Krkonošská	Lužické hory	Lužický hřbet	Jedlovský hřbet
Česká vysočina	Krkonošsko-jesenická	Krkonošská	Lužické hory	Lužický hřbet	Hvozdecký hřbet
Česká vysočina	Krkonošsko-jesenická	Krkonošská	Lužické hory	Kytlická hornatina	Klíčská hornatina
Česká vysočina	Krušnohorská	Podkrušnohorská	České středohoří	Verneřické středohoří	Benešovské středohoří
Česká vysočina	Krušnohorská	Podkrušnohorská	České středohoří	Verneřické středohoří	Bukovohorské středohoří

Výběr lokality mezi Lužickými horami a Českým středohořím nebyl čistě náhodný. Jednak se ve studovaném území nachází dostatek kamenných moří pro bližší zkoumání, zároveň ve studovaném území proběhlo již několik výzkumů kamenných moří, s jejichž výsledky lze v předkládané práci dále pracovat. Konkrétně se jedná o mikroklima zkoumané Zachardou, Gudem a Růžičkou (2007) a biotu, popisovanou především v pracích Růžičky (1993). Obě publikace se věnovaly bližšímu zkoumání kamenného moře na Kamenci. Vymezení studovaného území proběhlo primárně na základě spojení terénního průzkumu a ortofoto map. Po lokalizaci kamenných moří byly pevné hranice území stanoveny na základě již zmíněného členění dle Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006) proto, aby měla studovaná kamenná moře při následných analýzách společnou geologickou minulost (obr. 7).

Rozloha studovaného území činí 570,2 km² (tab. 3) s tím, že větší část plochy zaujímají okrsky spadající do celku Českého středohoří (obr. 7).

Tab. 3: Rozloha jednotlivých okrsků studovaného území.

Okrsek	Rozloha (km ²)
Jedlovský hřbet	69,4
Hvozdký hřbet	40,1
Klíčská hornatina	84
Benešovské středohoří	198,5
Bukovohorské středohoří	178,2
Celkem	570,2



Obr. 7: Geomorfologické jednotky ve studovaném území dle Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006).

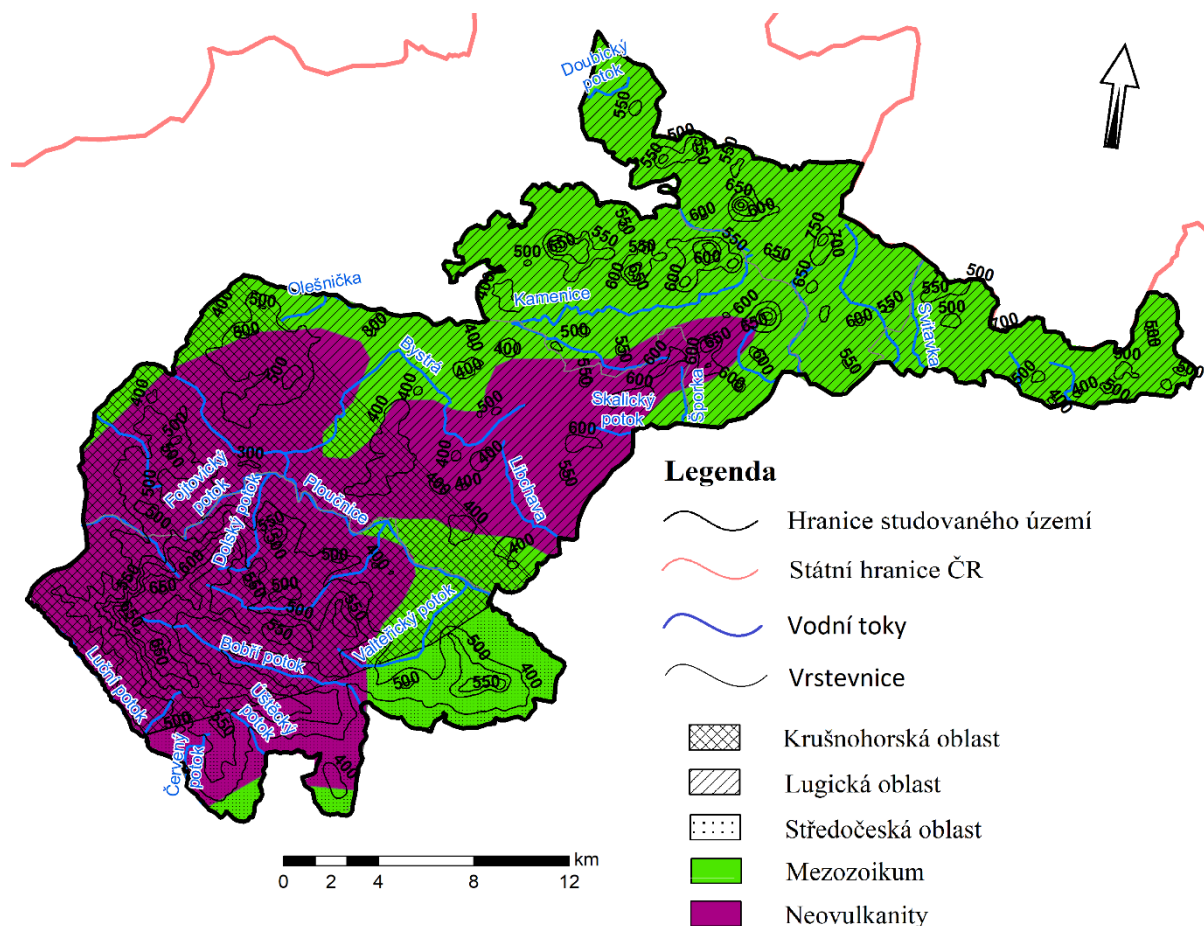
6.2 Geologické poměry a litologie

Studované území je součástí tzv. Českého masivu (Chlupáč et al., 2002). Ten vznikl denudací variského horstva (Pauk a Habětín, 1979), které bylo vyvrásněno před 380–300 mil. lety, a to vlivem kolize Gondwany a Laurussie (Chlupáč et al., 2002).

Celé studované území spadá dle regionální geologie do tzv. saxothuringika (Mísař et al., 1983). Mísař et al. (1983) vymezuje v rámci geologické stavby ve studovaném území 3 oblasti (obr. 8). Severní část území spadá do oblasti lužické, jižní část do oblasti krušnohorské, JV část studovaného území spadá do oblasti středočeské.

Dle zjednodušené geologické mapy ČR se studované území rozkládá na podloží mezozoika s neovulkanity (Chlupáč et al., 2002). Neovulkanity jsou typické pro jižní část studovaného území (obr. 8).

Kodym et al. (1966) v úpravě Kočárka in Pauk a Habětín (1979) dále řadí studované území do oblasti křídové pánve s převládajícími horninami metamorfovanými a magmatickými (Pauk a Habětín, 1979).



Obr. 8: Vymezení studovaného území se zobrazením oblastí geologické stavby dle Mísaře et al. (1983) a se zobrazením podloží neovulkanitů a mezozoika dle Chlupáče et al. (2002).

V jižní části studovaného území se nachází litoměřický zlom, který odděluje krušnohorskou oblast od středočeské. Podél zlomové struktury se nacházejí neovulkanity a v rámci studovaného území i jejich pyroklastika, v jižní části území se vyskytují vulkanity oháreckého příkopu (Mísař et al., 1983). Dle Cajze et al. (1999) lze v jižní části studovaného území zaznamenat výskyt bazaltových vulkanoklastik spodní formace.

Severní část studovaného území leží na křídových sedimentech, kterými prochází lužický zlom ve směru SZ–JV, k nalezení jsou zde především lužický granodiorit (západolužický typ), dále granitové pně, žíly lamprofyrů, pegmatitů a aplitů (Mísař et al., 1983).

Ze svrchního proterozoika je pláštěm lužického plutonu komplex drob a břidlic (Mísař et al., 1983).

Ve svrchní křídě spadalo studované území do lužické litofaciální oblasti české křídové pánve s výskytem kvádrových kaolinicko-jílovitých pískovců s výraznými morfologickými tvary (Mísař, 1983). Rozšířeny jsou v celém území mořské sedimenty a kontinentální cenoman. Mocnost křídových uloženin se dnes pohybuje maximálně do 600–700 m (Mísař, 1983). Ze svrchní křídý tvoří sedimentární horniny podloží vulkanitů (Mištera et al., 1984).

V terciéru se značná oblast studovaného území stala jedním z center vulkanické činnosti a tektonického neklidu (Mištera et al., 1984), dnes jsou toho důkazem již zmíněné neovulkanity (Mísař, 1983).

Neovulkanity jsou vyvřeliny třetihorního stáří a mladší a pojí se tak s tzv. saxonskou tektonikou, při které dochází nejen ke vzniku sníženin a příkopových propadlin (Dvořák a Růžička, 1966), ale i ke vzniku mnoha zlomů a k vulkanické činnosti (Šalanský, 2004).

Neovulkanity patří do skupiny alkalických bazických a ultrabazických hornin (např. bazalt, fonolit, nefelin, leucit) a vytvářejí stěny, kupy, jehly, kužele či suky, vyčnívající nad okolí.

Shrbený (1995) je dělí na efuzivní (olivín, basalt, trachyt) a explosivní (tufit, brekie, pyroklastika). Rozpad neovulkanitů probíhá typicky sloupcovitou odlučností (obr. 9) (Šalanský, 2004).

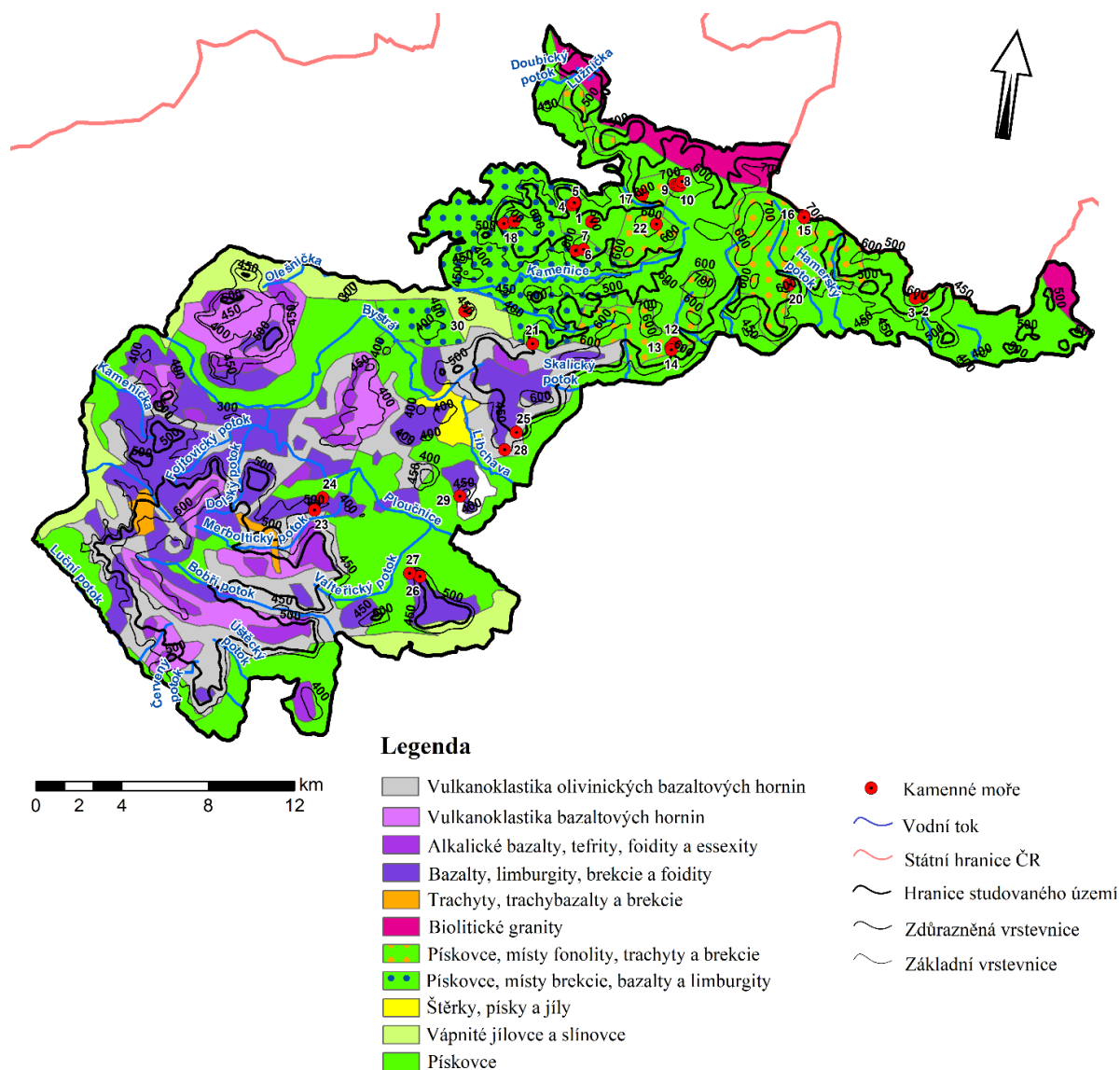


Obr. 9: Sloupcovitá odlučnost horniny na Zámeckém vrchu (15. 10. 2017).

U neovulkanitů lze časově vymezit několik maxim, při kterých došlo k nejintenzivnější magmatické aktivitě a vzniku nového materiálu, a to 79–49 MA, 42–16 MA a 16–0,3 MA (Ulrych et al., 2011 in Ackerman, Ulrych a Řanda et al., 2015). Na území Českého středohoří, kam spadají např. kamenná moře vrchů jako Kamenec, Poustevna, nebo Zámecký vrch (obr. 10, tab. 19), dosahuje mocnost vulkanických produktů povrchové sopečné činnosti 500–600 m.

Neovulkanity se na našem (českém) území dle Shrbeného (1995) dělí na efuzivní a subefuzivní v jedné skupině (63 %) a explosivní a subexplosivní (37 %) ve druhé skupině. Povrchová i podpovrchová tělesa nacházejí na našem území také Mísař et al. (1983) a Cajz (2000), a to s intenzivní fází vulkanismu mezi 36 až 9 MA. První skupinu neovulkanitů (efuzivní) lze dále rozdělit na horniny změněné (metamorfované a rezidua) a nezměněné (alkalické basalty, trachyandesity, trachybasalty a trachyty). Mezi explosivní a subexplosivní horniny patří subvulkanické brekcie, pyroklastika, tufity a epiklastika. Dle Svobody et al. (1964) se ve studovaném území z neovulkanitů objevují pravé i ložní žíly a sopečné komíny. Z horninových minerálů alkalický živec, plagioklas, nefelín a analcim. Horniny zastupuje fonolit, olivinický čedič a olivinický nefelit.

Z kvartéru se v severní části studovaném území nacházejí glacigenní sedimenty halštrovského zalednění a ostrůvky glacifluviálních sedimentů (Mísař, 1983). Podle Svobody et al. (1964) byla studovaná oblast spolu s celou oblastí českého křídového útvaru v kvartéru přibližně o 120 m postupně vyzdvižována. Pouze lokálně docházelo k poklesům území, či spíše k pomalejšímu zdvihu. Dle Mištery et al. (1984) se zde zachovaly spraše, říční terasy a váte písiky.



Obr. 10: Geologická situace studovaného území, generalizace geologické mapy v měřítku 1 : 500 000 (WMS služba GEOLOGY-GEOČR500).

Kamenná moře, na kterých proběhl bližší terénní průzkum, se nacházejí na několika typech geologického podloží (obr. 10). Vulkanoklastika se koncentrují v jižní části studovaného území a změřená kamenná moře se v dané oblasti primárně nacházejí právě na nich. Pískovce se nacházejí z větší části na severu studovaného území, v jižní části studovaného území se rozprostírají kolem vodních toků (např. Bystrá). V severní části studovaného území se kamenná moře většinou nevyskytují čistě na pískovcích, ale na jejich formách s prostupujícími vulkanity.

Na kamenných mořích navštívených vrchů byl z mapových listů (tab. 4) zaznamenán výčet hornin tamního podloží (tab. 5). Na daných vrších se vyskytují převážně horniny bazaltického, bazanitového nebo čedičového typu.

Tab. 4: Mapové listy použité pro určení horninového podloží kamenných moří.

List	Měřítko	Autor	Rok
03-31, Mimoň	1:50 000	Klein Vladimír	1999
02-42, Česká Lípa	1:50 000	Klein Vladimír, Růžička Miloš	1993
02-24, Nový Bor	1:50 000	Valečka Jaroslav, Kadlec Jaroslav, Shrbený Otakar, Křelina Jiří, Opletal Mojmír	1999
03-13, Hrádek nad Nisou	1:50 000	Pospíšil Jaromír, Opletal Mojmír, Domečka Karel, Pálenický Peter, Shrbený Otakar	1998
02-41, Ústí nad Labem	1:50 000	Shrbený Otakar	1990
02-23, Děčín	1:50 000	Valečka Jaroslav, Kadlec Jaroslav, Shrbený Otakar, Schovánek Pavel	1992

Tab. 5: Seznam vrchů s charakteristikou hornin kamenných moří, na nichž byl proveden SH test. Charakteristika podloží dle Babuška a Mužík (1981), mapové listy z Geofondu v Praze (tab. 4). Čísla kamenných moří souhlasí s čísly na obr. 10.

Vrch	Čísla kamenných moří	Podloží (charakteristika)
Hřeben (650 m)	1	olivinický alkalický bazalt (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), nefelinický bazanit (bílý až šedobílý, obvykle ve znělcích) a limburgit (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená)
Hvozď (750 m)	2, 3	fonolit a sodalitický fonolit (zelenošedá barva, porfyrická struktura, matný lesk, celistvá hornina), trachyt a sodalitický trachyt (světle šedá až nažloutlá barva, drsný povrch, vystupují vyrostlice živce)
Chříbský vrch (621 m)	4, 5	fonolit a sodalitický fonolit (zelenošedá barva, porfyrická struktura, matný lesk, celistvá hornina)
Javorník (642 m)	6, 7	olivinický alkalický bazalt, nefelinický bazanit, limburgit, trachyt a sodalitický trachyt (světle šedá až nažloutlá barva, drsný povrch, vystupují vyrostlice živce) a bazaltoidní pyroklastika
Jedlová (774 m)	8, 9, 10, 11	fonolit a sodalitický fonolit (zelenošedá barva, porfyrická struktura, matný lesk, celistvá hornina)
Klíč (760 m)	12, 13, 14	fonolit a sodalitický fonolit (zelenošedá barva, porfyrická struktura, matný lesk, celistvá hornina)
Luž (793 m)	15, 16	trachyt a sodalitický trachyt s nefelinem, přechodné typy mezi trachyty a fonolity, trachyty a fonolity nerozlišené (světle šedá až nažloutlá barva, drsný povrch, vystupují vyrostlice živce)
Malý Stožec (659 m)	17	trachyt a sodalitický trachyt (světle šedá až nažloutlá barva, drsný povrch, vystupují vyrostlice živce)

Vrch	Číslo kamenných moří	Podloží (charakteristika)
Studenec (736 m)	18, 19	olivinický nefelinit (alkalický bazalt, černá, celistvá nebo jemnozrnná hornina, olivín může vytvořit i několik cm veliké kulovité vyloučeniny)
Suchý vrch (641 m)	20	fonolit a sodalitický fonolit (zelenošedá barva, porfyrická struktura, matný lesk, celistvá hornina)
Šenovský vrch (632 m)	21	olivinický alkalický bazalt (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), nefelinický bazanit (bílý až šedobílý, obvykle ve znělcích) a limburgit (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená)
Velká Tisová (692 m)	22	olivinický alkalický bazalt (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), nefelinický bazanit (bílý až šedobílý, obvykle ve znělcích), limburgit (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená) a trachytoid (světle šedá až nažloutlá barva, drsný povrch, vystupují vyrostlice živce)
Kamenec (519 m)	23, 24	olivinické nefelinity (alkalický bazalt, černá, celistvá nebo jemnozrnná hornina, olivín může vytvořit i několik cm veliké kulovité vyloučeniny), analcimity (foidy s minerálem analcitem, světlá hornina), "leucity" (bezbarvý nebo šedobílý, vyskátuje se ve znělcích a čedičích), silně autometamorfované bazaltické horniny, deluviální hlinitokamenité sedimenty s balvany a bloky
Kozlík (594 m)	25	bazaltoidy nerozlišené (hornina podobná bazaltu, černá, jemnozrnná nebo celistvá hornina), deluviální kamenito-hlinité sedimenty s bloky, při úpatí skalních stěn místy s přechody do blokových sedimentů
Králův vrch (536 m)	26	olivinické alkalické bazalty (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), bazanity (alkalický bazalt), limburgity, deluviální hlinitokamenité sedimenty s balvany a bloky
Modrý vrch (526 m)	27	olivinické alkalické bazalty (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), bazanity (alkalický bazalt), limburgity (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená), deluviální hlinito-kamenité sedimenty s balvany a bloky
Poustečna (520 m)	28	bazaltoidy nerozlišené (hornina podobná bazaltu, černá, jemnozrnná nebo celistvá hornina) a balatoidní pyroklastika (složené ze sopečného materiálu)
Radečský kopec (504 m)	29	olivinické alkalické bazalty (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), bazanity (bílý až šedobílý, obvykle ve znělcích) a limburgity (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená)
Zámecký vrch (530 m)	30	olivinický alkalický bazalt (výskyt v zrnitých agregátech, matný lesk), nefelinický bazanit (bílý až šedobílý, obvykle ve znělcích), limburgit (hornina připomínající čedič, bez obsahu živce, tmavě zbarvená), bazaltoidní subvulkanické brekie (hornina převážně složená z částic, větších než 2 mm), deluviální kamenito-hlinité až hlinito-kamenité sedimenty

6.3 Geomorfologická charakteristika

Dnešní podoba studovaného území byla ovlivněna především třetihorními saxonskými tektonickými pohyby (Demek, 1965). Studované území je tektonickými liniemi, podél nichž docházelo ke zdvihům, rozděleno na řadu ker. Na zlomových liniích jsou patrně místy založeny údolní deprese, protékané vodními toky (Demek, 1965).

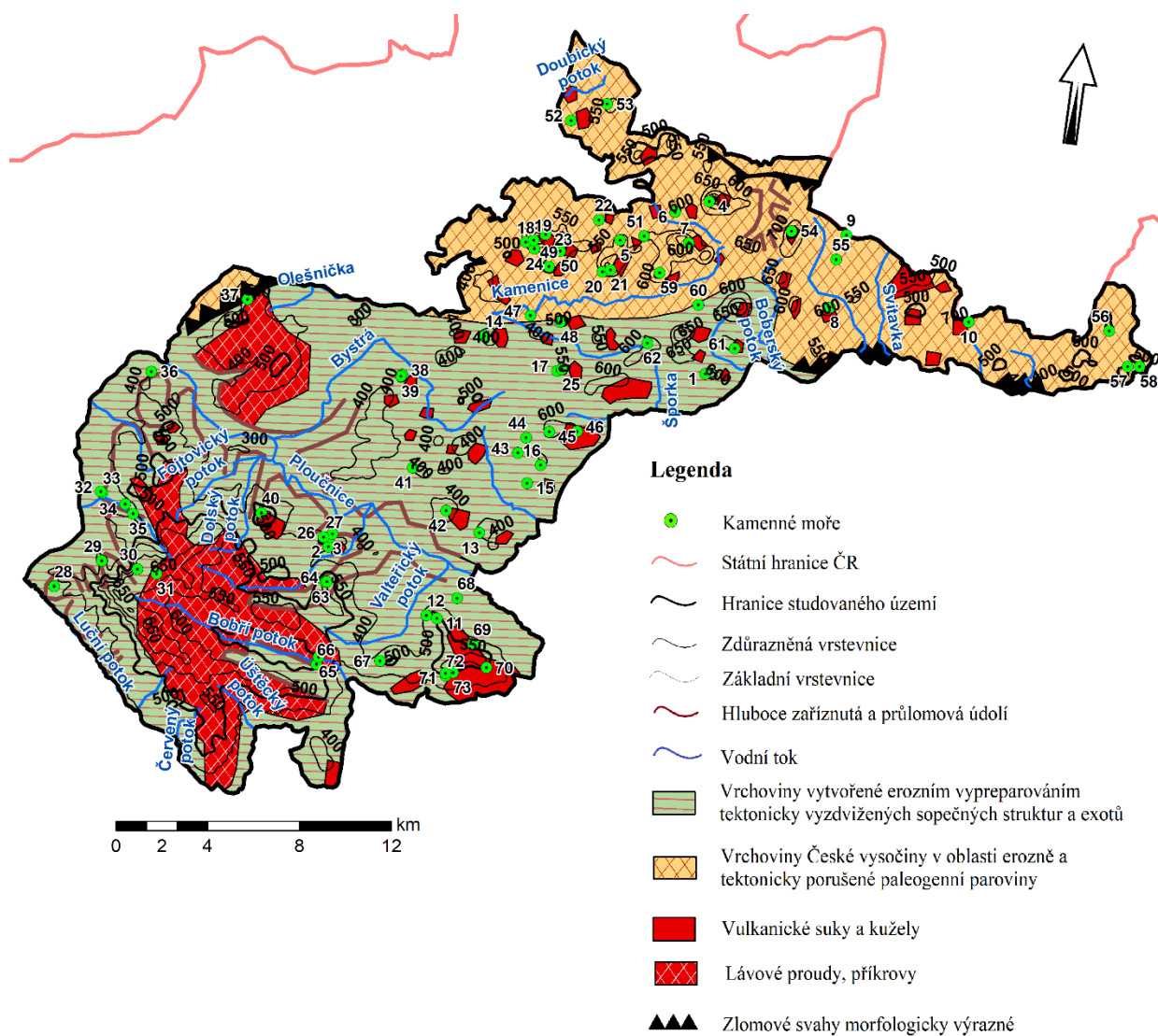
Jižní část studovaného území spadající do Českého středohoří byla tektonicky vyzdvižená a vyniká svými ostrými povrchovými tvary (Demek, 1965). Toto, taktéž zvané sopečné, pohoří vzniklo v období mezi spodním miocénem a staršími čtvrtohorami, převážně při hlavních třetihorních tektonických pohybech (Kunský, 1968). Území se vyznačuje velmi pestrým a členitým reliéfem. Celou oblast lze označit za mladovulkanickou s výskytem řady izolovaných a morfologicky nápadných kuželovitých tvarů, což jsou ve skutečnosti exhumovaná podpovrchová tělesa typu lakolit, či sopouchy (Demek, 1965). Ty jsou často výsledkem denudace a selektivní eroze, kdy byl sedimentární obal okolo sopečných těles zerodován (odnesen) (Demek 1965). Dle Mištery et al. (1984) jsou typickým převládajícím charakterem reliéfu jižní části studovaného území hřbety tvořené několika vrchy.

Pro severní část území jsou typické Lužické hory vystupující příkrým zlomovým svahem.

Z období kvartéru se ve studovaném území objevují říční nivy a fluviální terasové sedimenty a uloženiny v okolí Labe a jeho přítoků, např. Ploučnice (Czudek, 2005). Právě na terasách Ploučnice byly objeveny i resedimentované valouny nordických hornin (Sekyra, 1961 in Czudek, 2005) a studované území tak lze zařadit do tzv. severočeské glaciální oblasti. V období kvartéru probíhaly tektonické pohyby, ve kterých převažoval zdvih okolí nad poklesem. Mimo jiné i díky tektonickým pohybům vznikaly již zmíněné geomorfologické tvary říční terasy (Czudek, 2005).

Fluviální sedimenty jsou vesměs překryty sprašemi a vátými písky (Czudek, 2005).

V chladných obdobích pleistocénu se silně uplatnilo mrazové zvětrávání, které dalo vzniknout typickým povrchovým tvarům. Na většině kuželů a suků jsou na svazích vyvinuta kamenná moře a suťové proudy (Demek a Czudek, 1957b in Kunský, 1968). Svahové sedimenty dosahují obvykle mocnosti okolo 1–1,5 m na strmějších svazích (20–30°) (Czudek, 2005). K nalezení jsou také pleistocenní soliflukční proudy a drobné jeskyně, a to díky členitému reliéfu i tamním geologickým poměrům (obr. 11) (Demek, 1965).



Obr. 11: Digitalizovaná mapa základních částí reliéfu ve studovaném území dle Demka et al. (1965b).

Dle Demka et al. (1965b) lze studované území označit jako oblast poznamenanou tektonickými pohyby s kamennými moři vyskytujícími se v blízkosti vulkanických suků a kuželů.

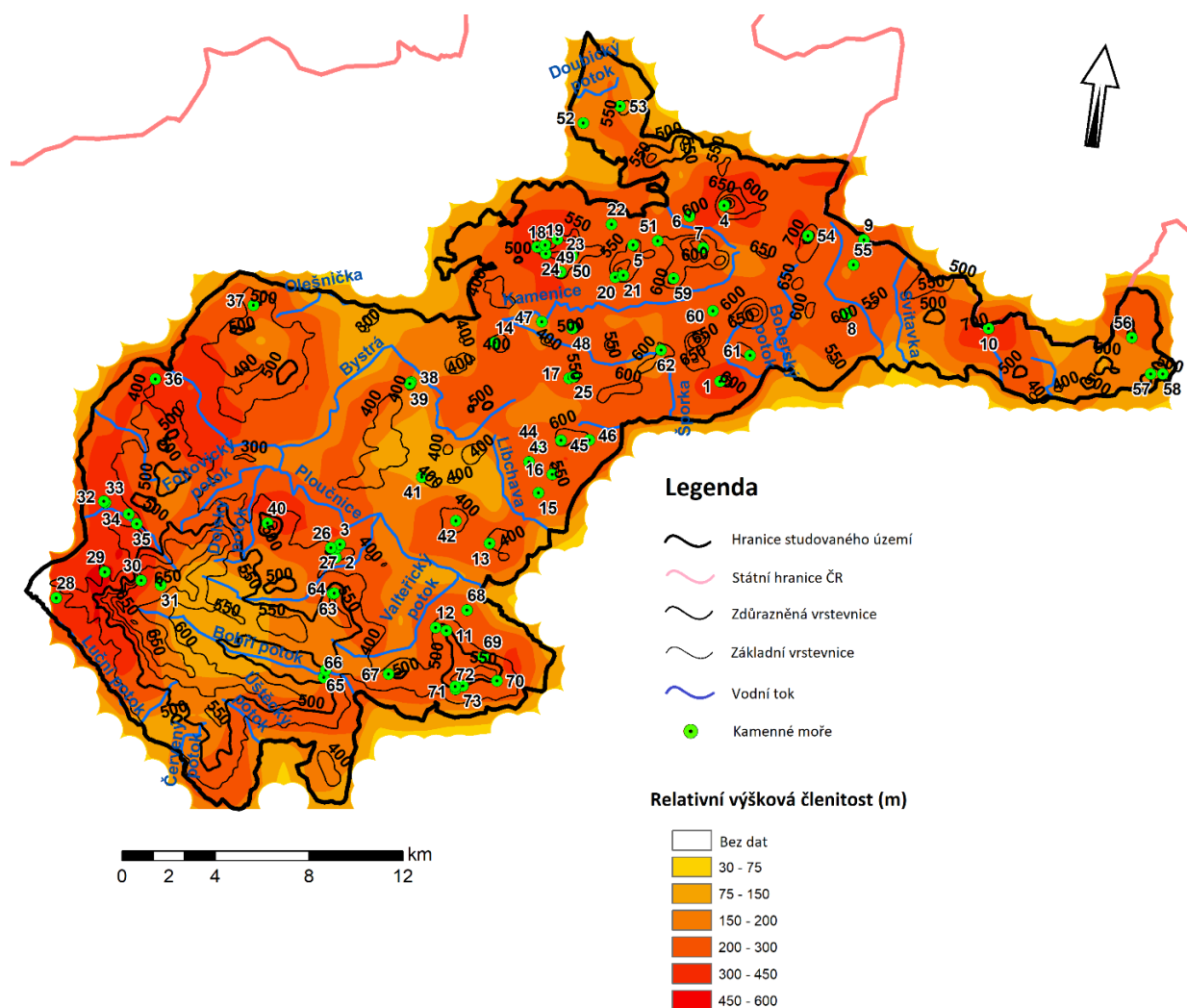
6.3.1 Klasifikace území dle relativní výškové členitosti

Ve studovaném území se nacházejí z hlediska relativní výškové členitosti třídy od 75–150 do 450–600 m (tab. 6). Třídy do 30 m a 30–75 m se ve studovaném území nenachází. Většina území se pohybuje v relativní výškové členitosti mezi 200–300 m a spolu s třídou 300–450 m představují oblasti s nejvyšším počtem výskytu kamenných moří. Tyto třídy se rovnoměrně rozprostírají v rámci celého studovaného území, třída 300–450 m se nevyskytuje ve střední části studovaného území. Nejnižší relativní výškovou členitost lze shledat ve střední a jižní části studovaného území v okolí vodních toků, např. vodní tok Bystrá ve střední části, nebo pramenná oblast mezi Dolským a Úštěckým potokem v jižní části studovaného území.

Třída 450–600 m se nachází pouze na jednom místě, a to okolo kamenného moře na vrchu Stříbrný roh (č. 29 na obr. 12, tab. 19). Naopak kamenné moře na vrchu Karlovka (č. 41) je položeno co do relativní výškové členitosti nejnižše, jako jediné spadá do třídy 75–150 m.

Tab. 6: Klasifikační škála morfometrických typů reliéfu (Demek, 1987).

Morfometrické typy georeliéfu	
Třída	Výšková členitost v m
do 30 m	do 30
30–75 m	30–75
75–150 m	75–150
150–200 m	150–200
200–300 m	200–300
300–450 m	300–450
450–600 m	450–600



Obr. 12: Relativní výšková členitost studovaného území klasifikovaná dle tříd Demka (1987) za použití čtvercové sítě 2 x 2 km s polovičním překryvem sousedních čtverců dle Krížek et al. (2016). Na jihozápadě území se vyskytuje oblast bez známosti hodnot relativní výškové členitosti (bez dat).

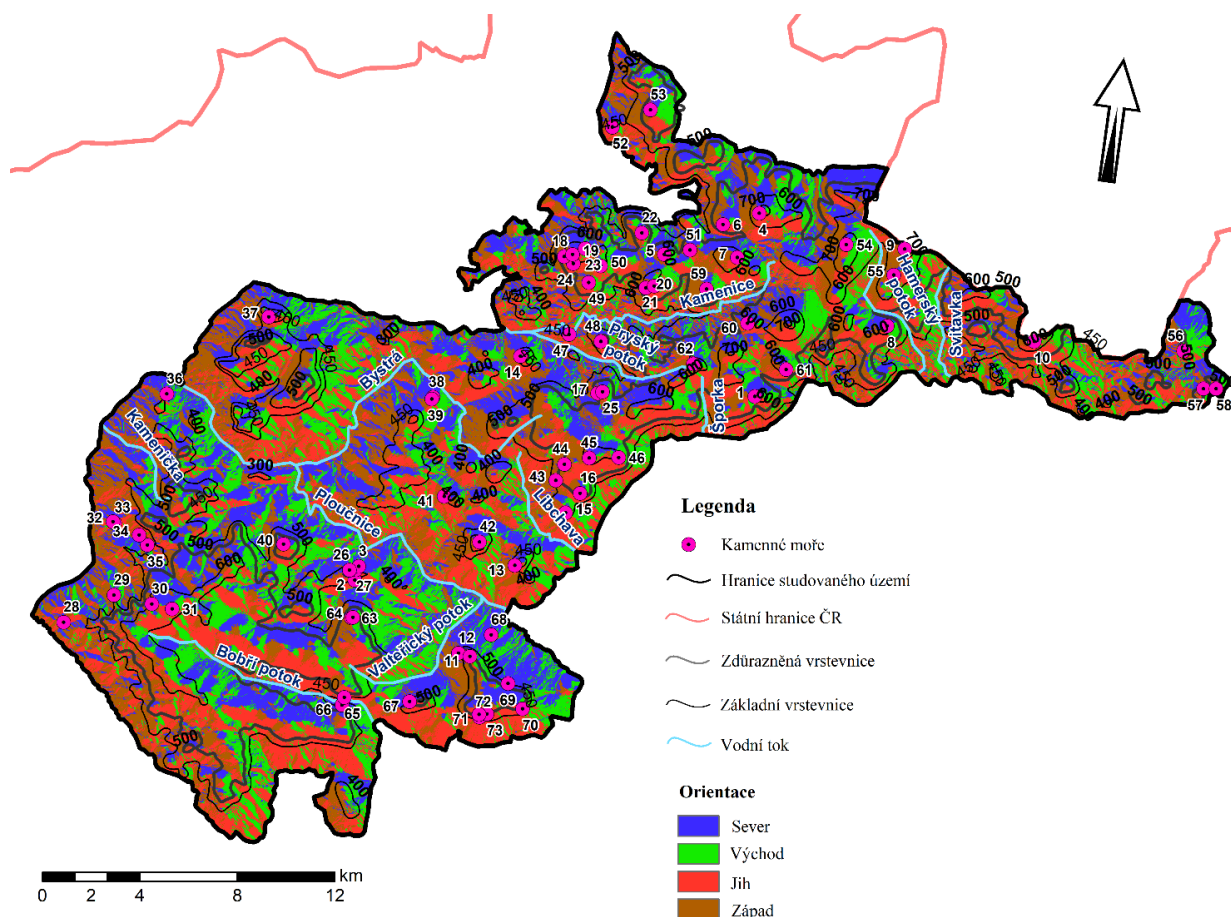
V absolutních číslech se 1 kamenné moře nachází v třídě 75–150 m, 10 moří v třídě 150–200 m, 48 moří v třídě 200–300 m, 13 moří v třídě 300–450 m a 1 kamenné moře v třídě 450–600 m.

6.3.2 Orientace svahů vůči světovým stranám

Reliéf studovaného území vykazuje dle vizualizace orientace svahů značnou heterogenitu (obr. 13). Orientace svahů ke světovým stranám je v severní části studovaného území převážně nahodilá. V jižní části studovaného území jsou patrná například údolí protékána řekami, které oddělují svahy s východní a se západní orientací (například řeka Bystrá nebo řeka Ploučnice), nebo svahy s jižní a se severní orientací (například Bobří potok). Odlišnosti mezi severní a jižní částí studovaného území lze shledat nejen při zobrazení orientace svahů ke světovým stranám, ale i při

zobrazení geologické stavby reliéfu (obr. 8 a obr. 10) nebo částí reliéfu dle Demka et al. (1965b) (obr. 11) studovaného území.

V celém studovaném území se vyskytují svahy převážně s orientací na jih (27,9 %), následují svahy s orientací na sever (25,9 %), na západ (23,6 %) a na východ (22,6 %).



Obr. 13: Orientace svahů vůči světovým stranám ve studovaném území.

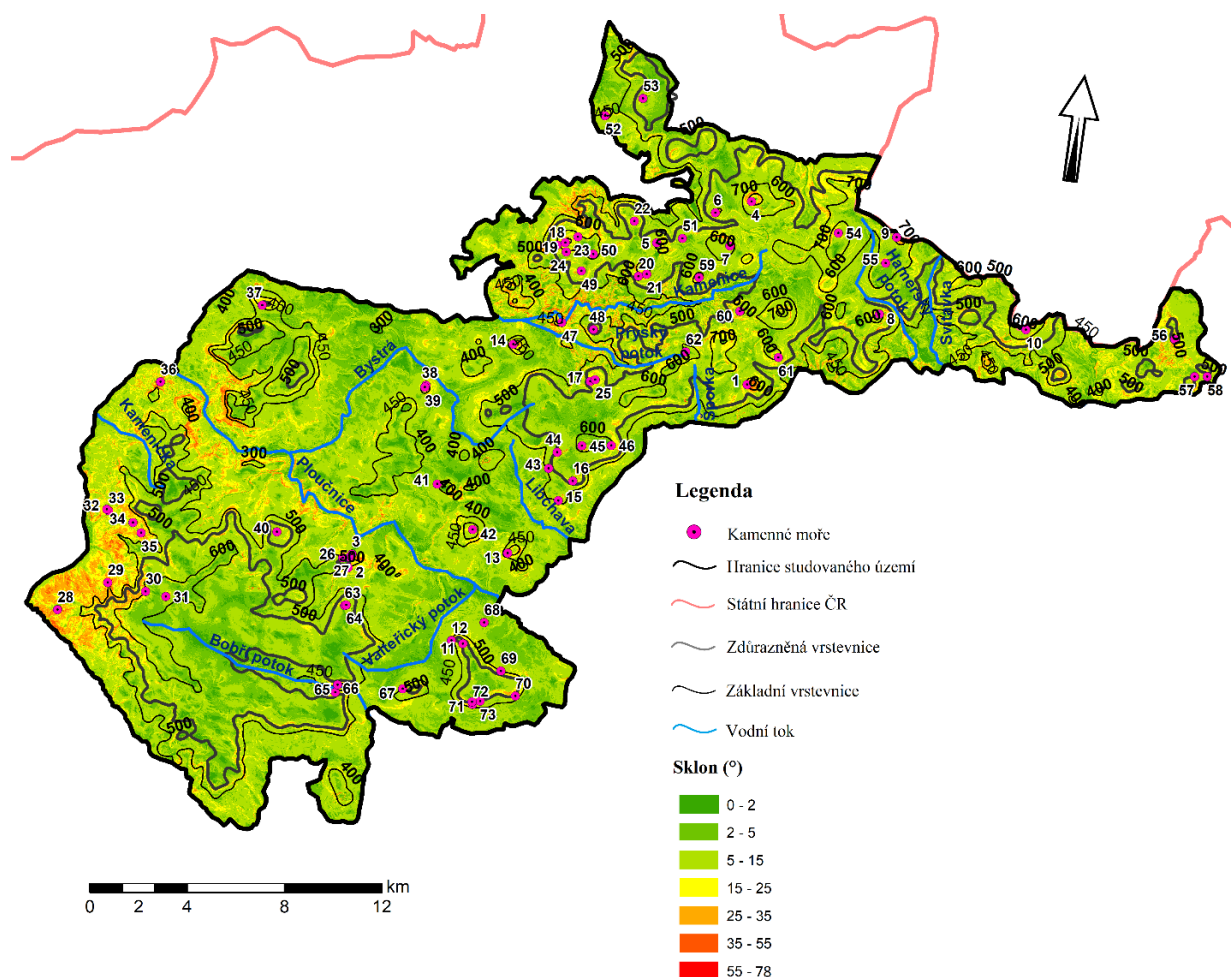
Kamenná moře se ve studovaném území nacházejí s orientací ke všem světovým stranám. Největší počet segmentů kamenných moří je orientováno k jihu (29,92 %) a západu (28,35 %). Nejméně segmentů kamenných moří je orientováno k východu (18,11 %). Na sever je orientováno 23,62 % segmentů kamenných moří.

Tab. 7: Orientace segmentů kamenných moří dle světových stran (segmenty kamenných moří: tab. 19). Jednotlivá kamenná moře ve studovaném území (73 kamenných moří) byla rozdělena na segmenty (127 segmentů) dle orientace ke světovým stranám.

Počet segmentů kamenných moří (celkem)	127
Orientace na sever	30
Orientace na východ	23
Orientace na jih	38
Orientace na západ	36

6.3.3 Sklon

Ve studovaném území se vyskytují plochy od kategorie sklonu do 2° až do ploch patřících do sklonitostní kategorie $55\text{--}78^\circ$ (obr. 14). Studované území vykazuje nižší heterogenitu, více než polovina plochy území spadá do kategorie $5\text{--}15^\circ$ (tab. 8). Plocha se sklonem mezi $2\text{--}25^\circ$ zaujímá téměř 91 % studovaného území. Kamenná moře se nacházejí v oblastech s vyšší sklonitostí (kategorie $15\text{--}25^\circ$ a vyšší), průměrný sklon kamenného moře ve studovaném území je $24,9^\circ$. Nejvyšší koncentrace sklonitostních kategorií $15\text{--}25^\circ$ a vyšší se vyskytují v jihozápadní části studovaného území a v oblasti kolem řeky Ploučnice v jižní části studovaného území (na přilehlých svazích) a kolem vodního toku Kamenice a Pruského potoka v severní části studovaného území (na přilehlých svazích).



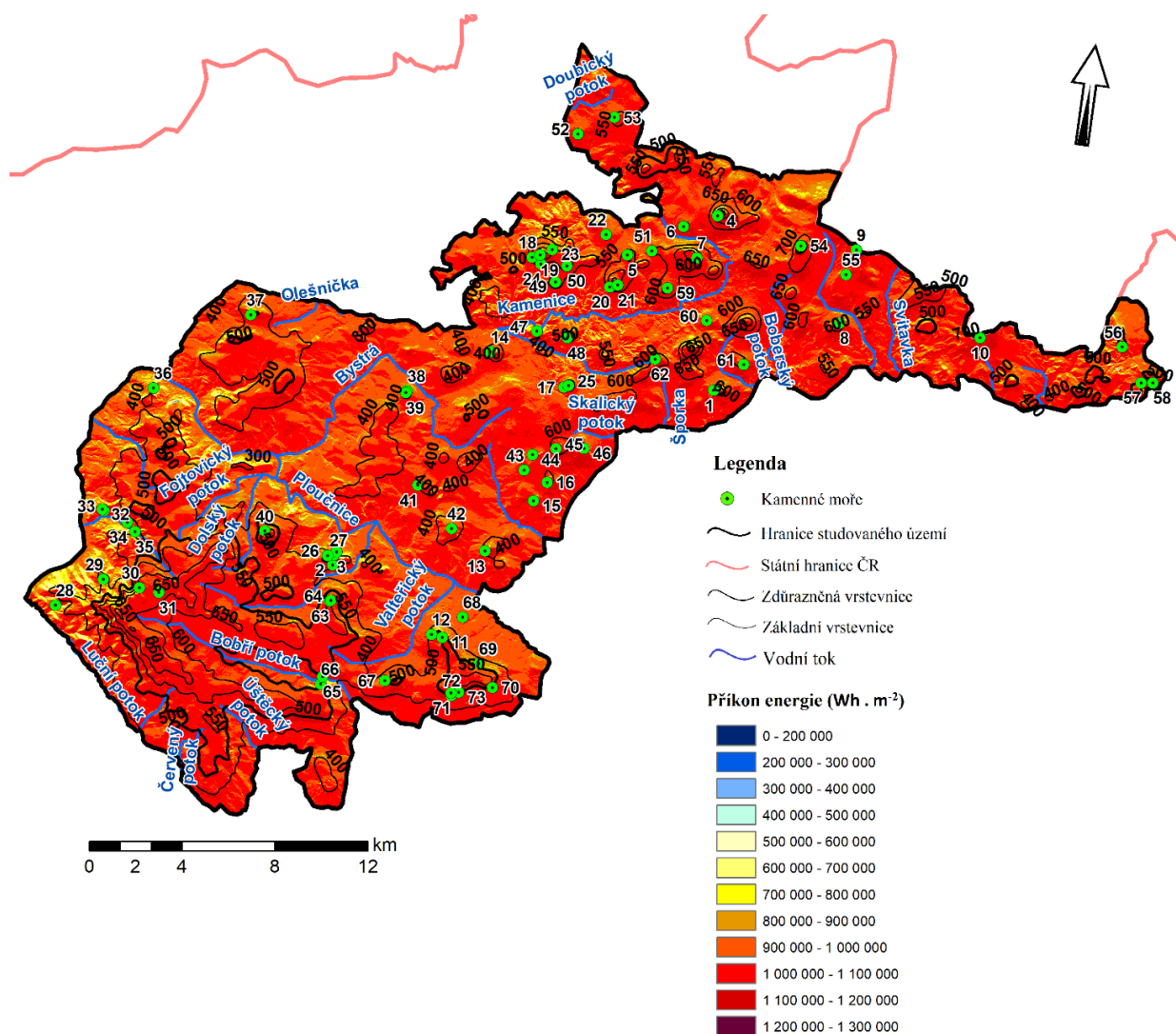
Obr. 14: Sklonitost studovaného území.

Tab. 8: Zastoupení tříd sklonitosti povrchu studovaného území.

Sklonitostní kategorie (°)	Plocha studovaného území (%)
0–2	4,35
2–5	22,86
5–15	54,57
15–25	13,44
25–35	4,13
35–55	0,64
55–78	0,01

6.3.4 Příjem sluneční energie

Většina plochy studovaného území přijímá množství sluneční energie mezi 900–1 100 (kWh . m⁻²) (obr. 15). Na kamenných mořích byl ve studovaném území zjištěn průměrný příjem potenciální roční radiace 955 kWh . m⁻². Při porovnání sklonitosti (obr. 14) a potenciálního průměrného ročního příjmu energie (obr. 15) lze nalézt mezi těmito dvěma charakteristikami určitou vazbu. Na základě výsledků těchto dvou charakteristik lze stanovit, že tam, kde plocha studovaného území vykazuje vyšší sklonitost, vykazují svahy nižší příjem sluneční energie. Takové plochy lze opět nalézt (tak jako při hodnocení sklonitosti území) na jihozápadě studovaného území, či podél řeky Ploučnice a Kamenice. Viditelný vztah dále panuje mezi příjmem sluneční energie a orientací svahu ke světovým stranám (obr. 13), kde nejvyšší hodnoty příkonu energie dostávají svahy s jižní orientací.



Obr. 15: Potenciální průměrný roční příjem sluneční energie ve studovaném území.

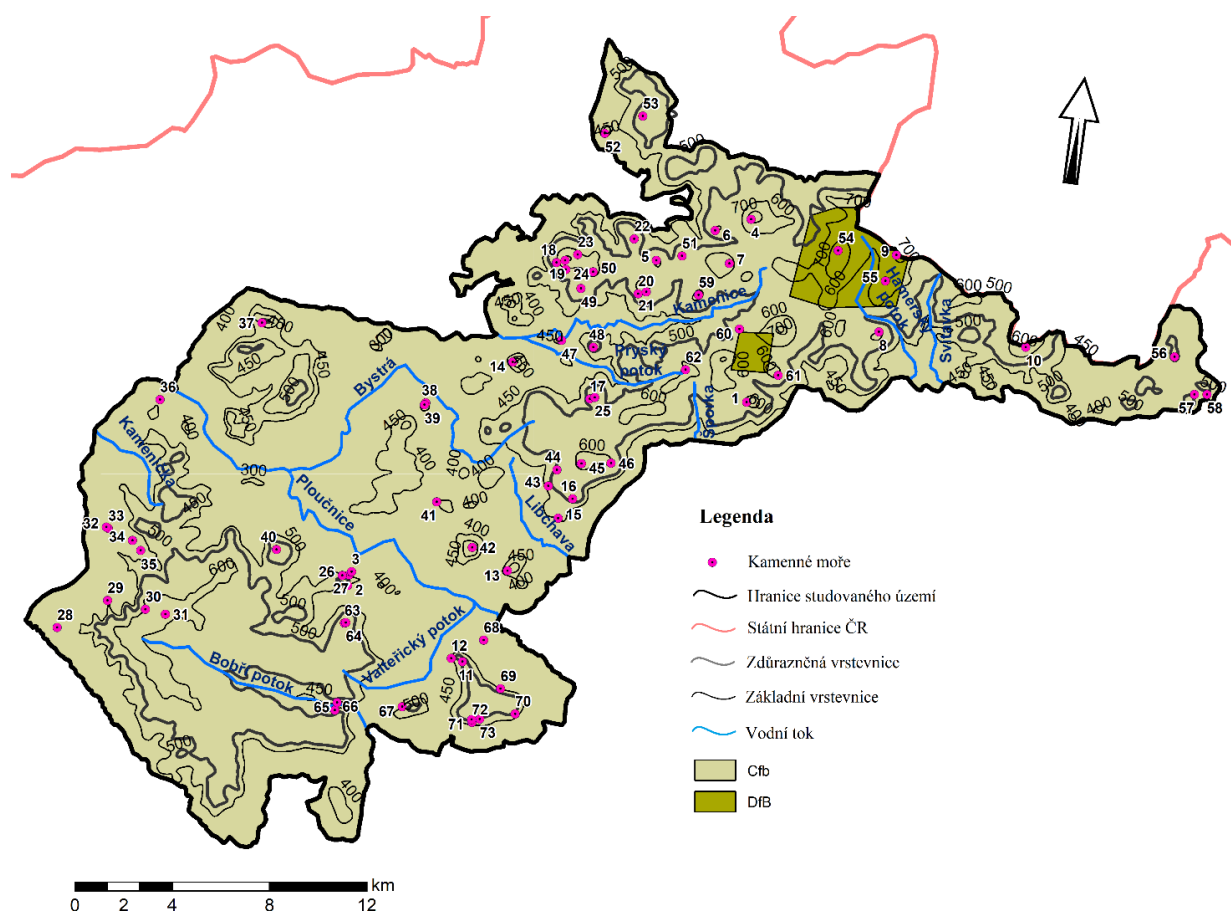
Kamenná moře ve studovaném území nepřijímají v průměru méně než $600 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$. Mezi třídou 800–900 a 900–1000 je největší změna v počtu výskytu kamenných moří.

Tab. 9: Počty kamenných moří v jednotlivých třídách dle množství průměrné přijímané energie v kamenných mořích.

Třídy dle příjmu energie ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$)	Počet kamenných moří
600–700	4
700–800	9
800–900	9
900–1000	24
1000–1100	10
1100–1200	17

6.4 Klimatické poměry

Dle Köppenovy klasifikace se 97,1 % studovaného území nachází v oblasti podnebí listnatých lesů mírného pásma (Cfb, obr. 16). V oblasti Cfb se nachází 95 % veškerých kamenných moří ve studovaném území. V blízkosti kamenných moří 9, 54, 55 a 60 (tab. 20) lze nalézt oblasti s boreálním klimatem (Dfb) (Köppen, 1936 in Tolasz, 2007). Větší ze dvou oblastí Dfb koresponduje také s chladnou oblastí (obr. 17, tab. 10) vymezenou Quittem (1971) in Tolasz (2007). Severní část studovaného území, s výskytem klimatických chladných oblastí, se vyznačuje vyšší nadmořskou výškou (obr. 21), která výskyt těchto oblastí zapříčiňuje.

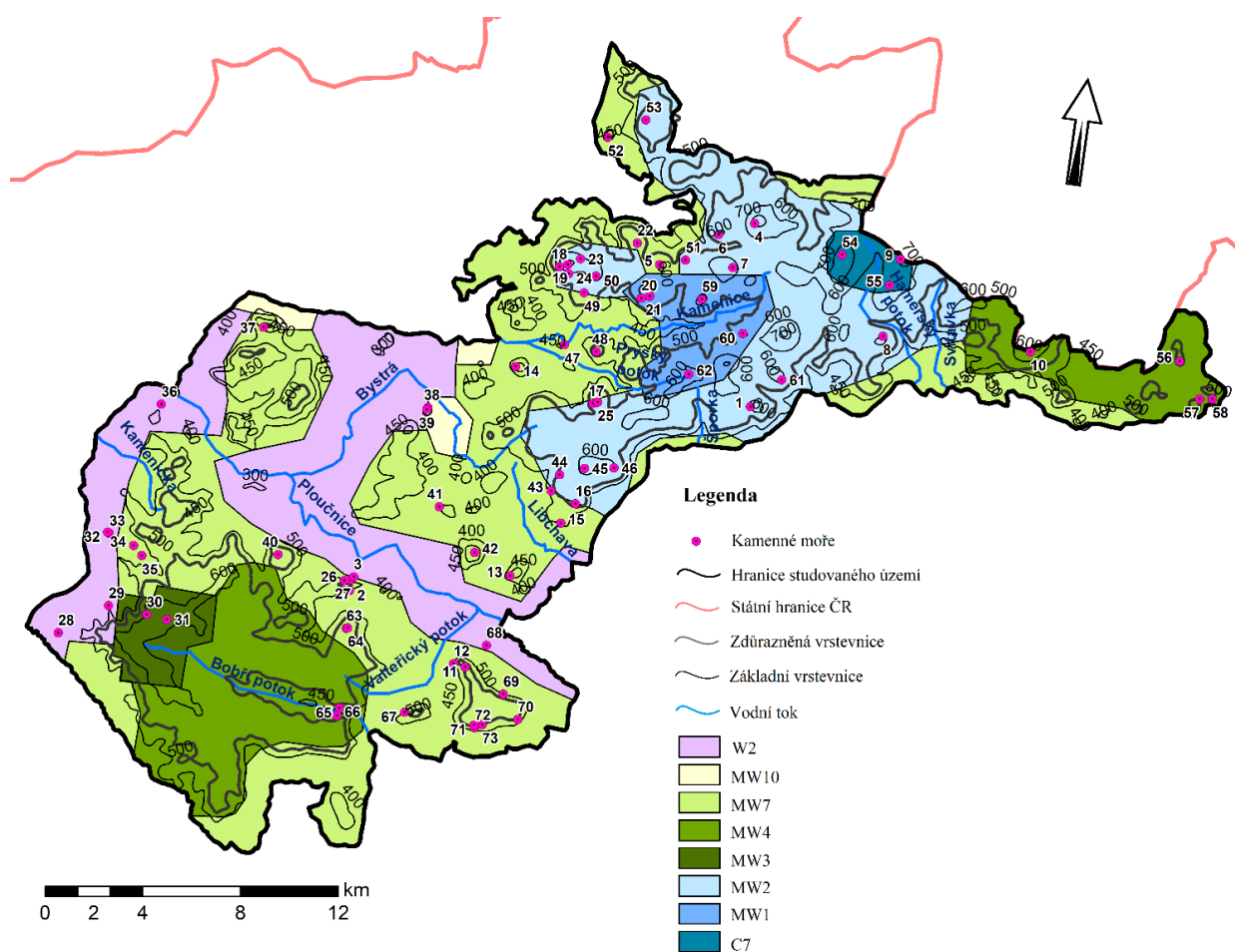


Obr. 16: Klimatické oblasti podle Köppenovy klasifikace s vymezením studovaného území (Köppen, 1936 in Tolasz, 2007).

Ve studované oblasti se nachází několik Quittem (1971) vymezených oblastí (obr. 17) (Tolasz, 2007) se specifickými klimatickými charakteristikami (tab. 10). Nalézt lze převážně teplé oblasti (7 z 8), jediná chladná oblast (C7) se nachází v severní části studovaného území v oblasti nejvyšší nadmořské výšky (obr. 21). Nejteplejší oblast (W2) se rozprostírá v nížinách kolem řek Ploučnice

a Bystrá. Největší plochu studovaného území zabírá klimatická oblast MW7 (41,9 %), pouhých 1,2 % plochy studovaného území spadá do chladné klimatické oblasti.

Největší počet kamenných moří se nachází v klimatické oblasti MW7 (39,7 %) s hustotou 1 kamenné moře na 8,2 km², spolu s klimatickou oblastí MW2 představují plochu studovaného území s výskytem 65,8 % všech kamenných moří. Největší koncentrace kamenných moří na plochu klimatické oblasti vykazuje nejmenší oblast C7, kde vychází 1 kamenné moře na 2,2 km². Třetí největší oblast ve studovaném území (o 0,1 km² za druhou největší oblastí MW2) W2 rozprostírající se převážně v nížinách vykazuje nejnižší hustotu výskytu kamenných moří, a sice 1 kamenné moře na 14,5 km².



Obr. 17: Klimatické oblasti podle Quitta (1971) in Tolasz (2007). Charakteristiky klimatických oblastí jsou popsány v tab. 10.

	Klimatické charakteristiky chladné oblasti	Klimatické charakteristiky teplých oblastí						
	C7	MW1	MW2	MW3	MW4	MW7	MW10	W2
Počet letních dní	10–30	20–30	20–30	20–30	20–30	30–40	40–50	50–60
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více	120–140	120–140	140–160	120–140	140–160	140–160	140–160	160–170
Počet dní s mrazem	140–160	160–180	110–130	130–160	110–130	110–130	110–130	100–110
Počet ledových dní	50–60	40–50	40–50	40–50	40–50	40–50	30–40	30–40
Průměrná lednová teplota	-3–-4	-5–-6	-3–-4	-3–-4	-2–-3	-4–-5	-2–-3	-2–-3
Průměrná červencová teplota	15–16	15–16	16–17	16–17	16–17	17–18	17–18	18–19
Průměrná dubnová teplota	4–6	5–6	6–7	6–7	6–7	6–7	7–8	8–9
Průměrná říjnová teplota	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7	7–8	7–8	7–9
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	120–130	120–130	120–130	110–120	110–120	100–120	100–120	90–100
Suma srážek ve vegetačním období	500–600	500–600	450–500	350–450	350–450	400–450	400–450	350–400
Suma srážek v zimním období	350–400	300–350	250–300	250–300	250–300	250–300	200–250	200–300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	100–120	100–120	80–100	60–100	60–80	60–80	50–60	40–50
Počet zatažených dní	150–160	120–150	150–160	120–150	150–160	120–150	120–150	120–140
Počet jasných dní	40–50	40–50	40–50	40–50	40–50	40–50	40–50	40–50

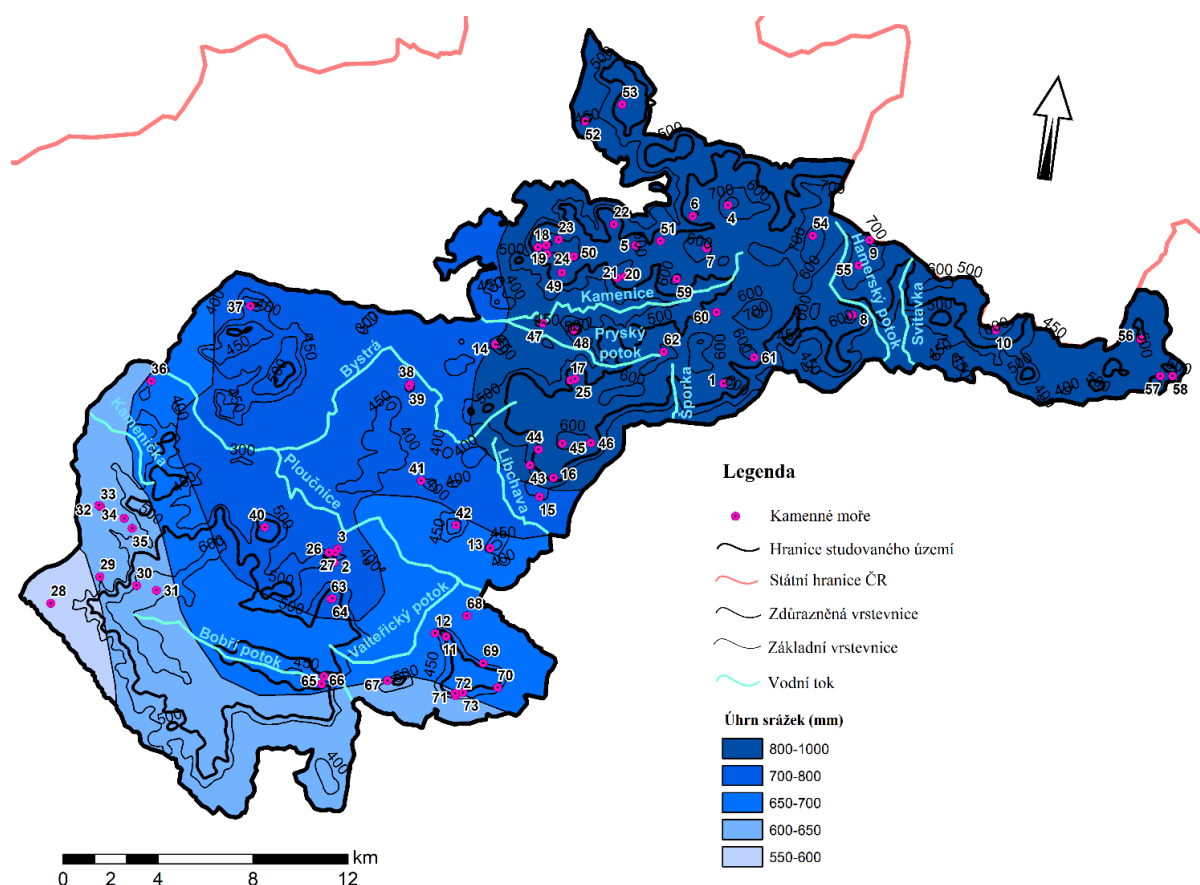
Tab. 10: Klimatické oblasti ve studovaném území dle Quitta, 1971 in Tolasz, 2007.

6.4.1 Teplota

Průměrná roční teplota vzduchu se ve studovaném území pohybuje od 5 do 9 °C. V létě od 12 do 16 °C a v zimě od -3 do 1 °C (za období 1961–2000, Quitt, 1971 in Tolasz, 2007). Teplota je pro tvorbu kamenných moří důležitým ukazatelem, ještě více však její změna. Průměrný roční počet dní s přechodem přes 0 °C byl ve studovaném území za období 1961–2000 až 100 (Quitt, 1971 in Tolasz, 2007). V nížinách ČR a kolem hlavních vodních toků ČR bylo takových dní od 60 do 80, vyšší nadmořské výšky (cca 3/5 povrchu ČR) dosahovaly rozmezí 80–100 dní (Quitt, 1971 in Tolasz, 2007). Tento ukazatel může nastínit, jak intenzivní je proces zamrzání vody, a s tím související efekt zvětrávání horniny. Za období 1961–2000 byl průměrný roční počet mrazových dní až 160 (Quitt, 1971 in Tolasz, 2007).

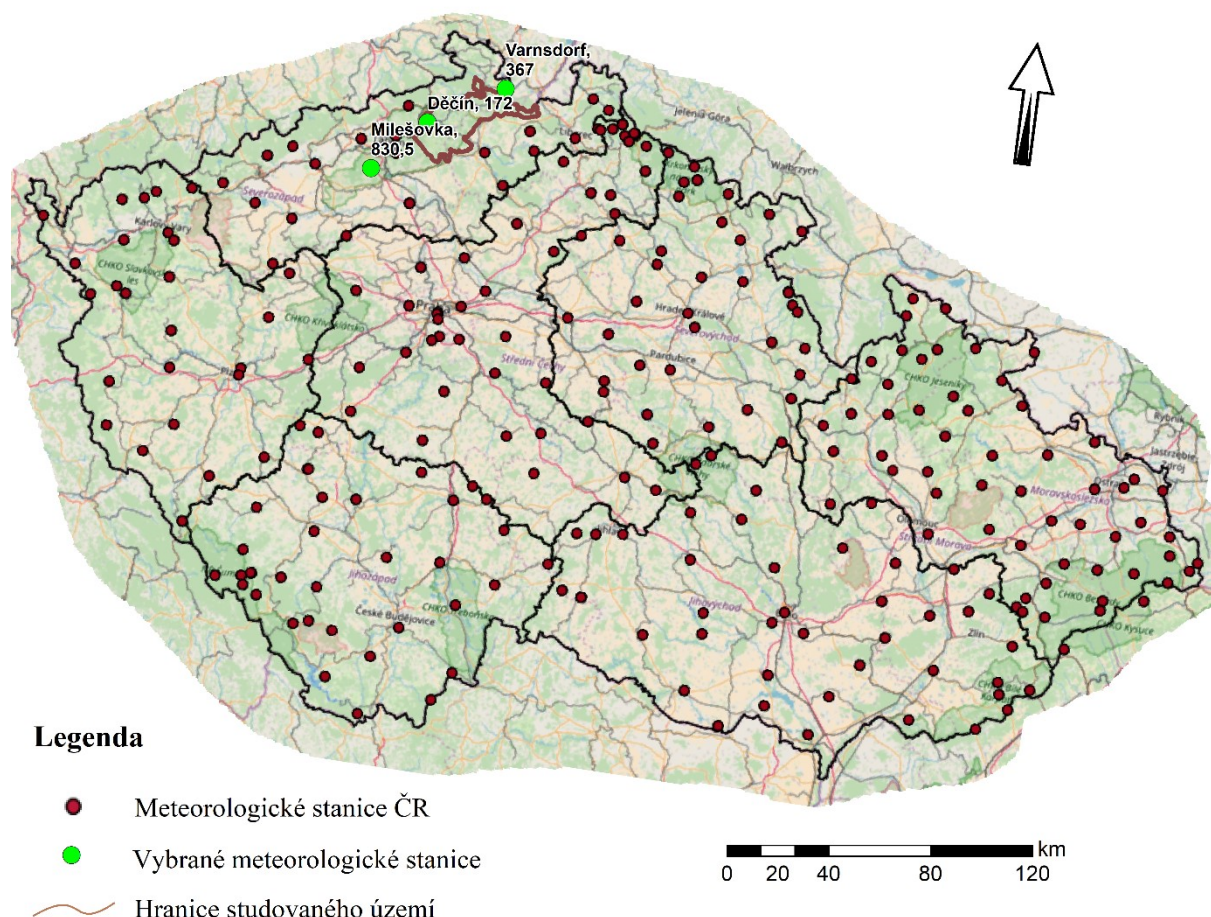
6.4.2 Srážky dešťové a sněhové

Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 550–1000 mm (obr. 18) s tím, že čím více na sever v rámci zkoumaného území, tím jsou srážkové úhrny vyšší (Tolasz, 2007).



Obr. 18: Roční úhrn srážek ve studovaném území dle Tolasz (2007).

V blízkosti zkoumaného území se nacházejí meteorologické stanice Děčín, Varnsdorf a Milešovka (obr. 19, tab. 11), ze kterých byla použita data pro teplotní charakteristiky i průměrný roční úhrn srážek (za období 2004–2014).



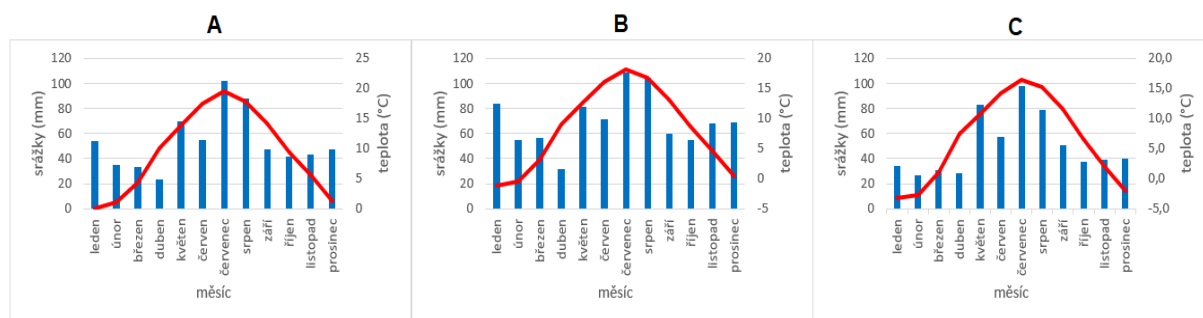
Obr. 19: Mapa ČR s vymezením studovaného území a s vyobrazením meteorologických stanic, ze kterých byly zpracovány teplotní a srážkové údaje (ČHMU, 2018).

Meteorologická stanice Milešovka, která je od studovaného území vzdálenější než zbylé dvě stanice, figuruje ve výsledcích teplotních charakteristik jako ukazatel mezních hodnot, a to především díky její poloze ve vyšší nadmořské výšce. Její poloha v nadmořské výšce 830,5 m zapříčiňuje nejnižší průměrnou teplotu i nejvyšší počet dní v roce s průměrnou teplotou pod 0 °C ze tří vybraných stanic. Meteorologická stanice Varnsdorf byla v období 2004–2014 ze tří vybraných stanic nejdeštivější, nejvyšší průměrnou roční teplotu naměřila nejnižší položená stanice Děčín.

Tab. 11: Meteorologické stanice s vybranými charakteristikami (ČHMÚ, 2018). Hodnota počtu dní v roce s průměrnou teplotou pod 0 °C je u stanice Děčín ovlivněna chybějícími daty.

Meteorologická stanice	Děčín	Varnsdorf	Milešovka
Časové období	1. 1. 2004–31. 12. 2014	1. 1. 2004–31. 12. 2014	1. 1. 2004–31. 12. 2014
Chybějící data	1. 1. 2011–31. 5. 2011		
Průměrný úhrn srážek za rok (mm)	641,1	846,5	604,9
Průměrná teplota (°C)	9,6	8,4	6,4
Počet dní v roce s průměrnou teplotou pod 0 °C	39,8	56	88,9

Měsíc červenec byl ve všech stanicích tím nejdeštivějším a zároveň tím nejteplejším (obr. 20). Většina srážek spadlo během léta, naopak nejméně srážek spadlo na daných stanicích v období přechodu zimy a jara (obr. 20 a tab. 12).



Obr. 20: Klimadiagramy meteorologických stanic: A = Děčín (172 m n. m.), B = Varnsdorf (367 m n. m.), C = Milešovka (830,5 m n. m.). Data z let 2004–2014 (ČHMÚ, 2018).

V létě spadlo na všech stanicích více než 1/3 průměrného ročního úhrnu srážek, nejvíce bylo naměřeno na stanici Varnsdorf (tab. 12). Podíl množství spadlých srážek v létě byl však na dané stanici oproti dvěma zbylým nejnižší. (33,7 %) Nejvíce srážek spadlo během přechodu zimy a jara opět na meteorologické stanici Varnsdorf, kde roční úhrn srážek dosahoval v letech 2004–2014 nejvyšších hodnot ze tří vybraných stanic. Nejméně srážek spadlo v období přechodu zimy a jara na Milešovce, a to jak podílem k celkovému průměrnému ročnímu úhrnu, tak i dle množství z celku.

Tab. 12: Absolutní a relativní hodnoty průměrného úhrnu srážek v létě a na přechodu zima/jaro za období 2004–2014 (ČHMÚ, 2018).

	Děčín	Varnsdorf	Milešovka
Léto (červen-srpen) množství (mm) z celku (mm) / podíl (% z celku)	245,4 z 641,1 / 38,3	285 z 846,5 / 33,7	234,1 z 604,9 / 38,7
Zima/Jaro (únor-duben) množství (mm) z celku (mm) / podíl (% z celku)	91,7 z 641,1 / 14,3	143,8 z 846,5 / 17	85,8 z 604,9 / 14,2

Ve studovaném území je průměrný sezónní počet dní se sněžením mezi 50–100 dny a mezi 30–160 dny se sněhovou pokrývkou (Tolasz, 2007 za období 1961–2000). Sníh je významným konzervantem chladného vzduchu v kamenném moři a dalším činitelem, který by mohl napomáhat tvorbě permafrostu. Na vrchu Kamenec, kde probíhalo terénní měření na kamenném moři, bývá v lednu maximální mocnost sněhové pokrývky mezi 20–35 cm (Růžička a Zacharda, 2010).

Při kontrole kamenného moře na vrchu Kamenec v zimních měsících (23. 12. 2015, 28. 12. 2015, 6. 2. 2016, poznámka autora) dosahovala mocnost sněhové pokrývky maximálně 10 cm. Dle Zhang et al. (2014) však působí sníh jako konzervant až při mocnosti od 50 cm.

6.4.3 Vítr

Vítr působí ve studovaném území průměrnou roční rychlostí mezi 2 až 6 m/s (Quitt, 1971 in Tolasz, 2007). Nejnižší rychlost vítr dosahuje v nížinách, kolem toků Labe a Ploučnice. Vyšší rychlosti dosahuje vítr ve vyšších nadmořských výškách, jako např. ve stanici Milešovka (obr. 19), kde byla mezi lety 2004–2014 naměřena průměrná rychlost větru 7,9 m/s (ČHMÚ, 2018). Převažující směr proudění větru byl ve stanici Milešovka naměřen mezi lety 1979–1988 J, JZ, Z (Zacharov, 1992).

6.4.4 Potenciální průměrná roční radiace kamenných moří – příjem energie

Sluneční svit nepůsobí na všechny části reliéfu stejně, rozhodujícími faktory mohou být zastínění reliéfu (např. okolní vegetací), nebo orientace ke světovým stranám. Jeho energie působí na povrch země mnoha efekty, především pak těmi zvětrávacími, které jsou pro výsledky předkládané práce zásadní.

Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu činí ve studované oblasti 1400–1500 hodin a průměrný roční úhrn globálního záření se pohybuje mezi 3500–3600 MJ . m⁻² (972,2–1000 kWh . m⁻²) (Quitt, 1971 in Tolasz, 2007 za období 1961–2000). Naměřené průměrné hodnoty

z období 1961–2000 se shodují s výsledky měření průměrné potenciální průměrné roční radiace změřené v prostředí GIS (900–1100 kWh . m⁻², obr. 15).

Průměrný denní úhrn slunečního svitu mezi lety 2004–2014 ve stanici Milešovka (poloha stanice obr. 19) činil 4,8 h, průměrný roční úhrn dosahoval hodnoty 1748,6 hodin (ČHMÚ, 2018).

6.5 Hydrologické poměry

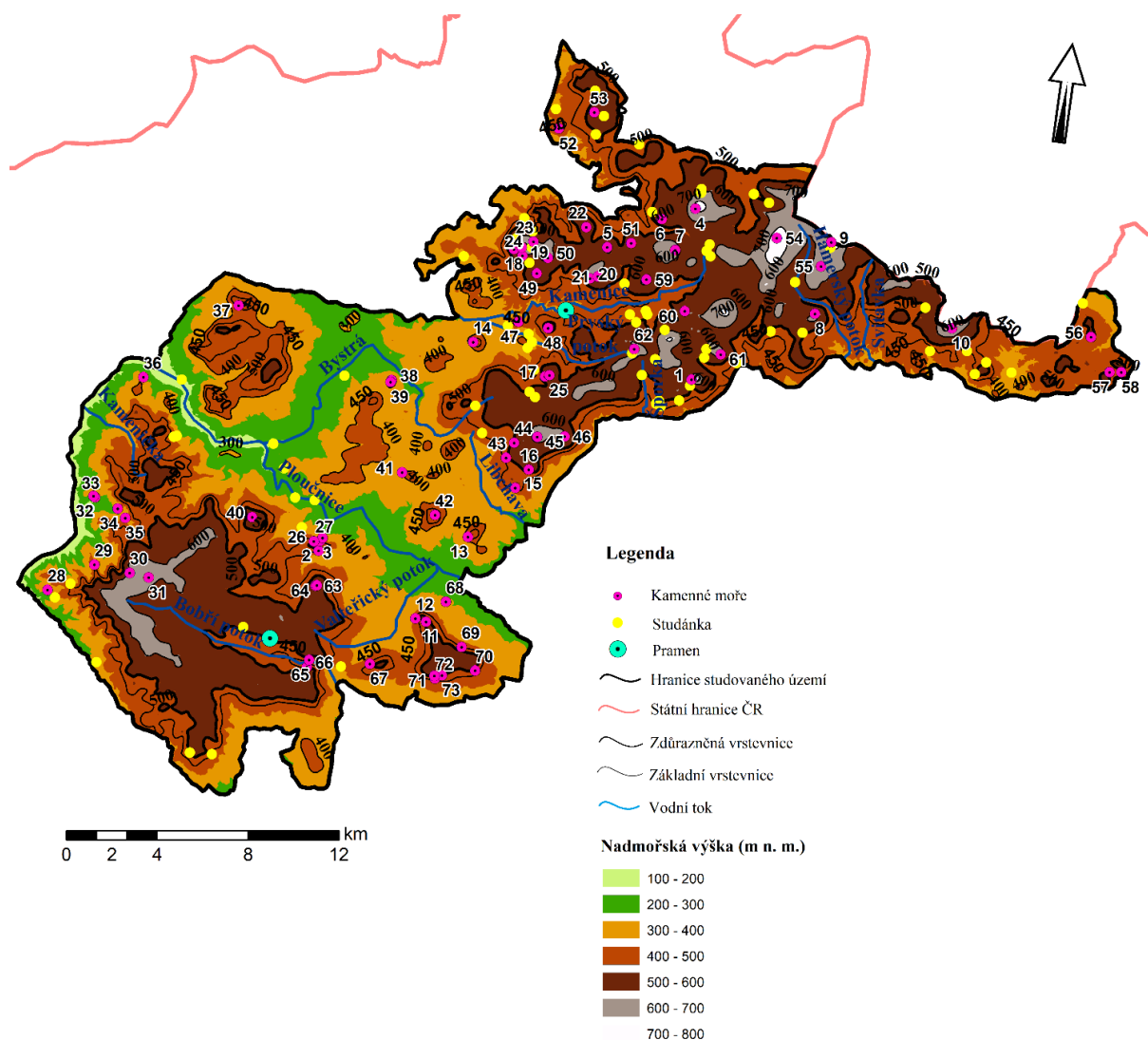
Studované území je součástí povodí Labe, které odvádí vody do Severního moře.

Největší řeka ve studovaném území protéká jeho jižní částí. Je jí řeka Ploučnice (obr. 21), která pramení v nadmořské výšce 654 m na západním svahu Ještědu a ústí v Děčíně v nadmořské výšce 122 m jako pravostranný přítok do Labe. Povodí řeky Ploučnice patří mezi největší zásobárny podzemní vody v severočeském svrchnokřídovém útvaru (Mištera et al., 1984).

Ploučnice je tokem II. řádu s plochou povodí 1188,07 km² (DIBAVOD, 2013). Délka toku dosahuje 106,2 km s průměrným průtokem u ústí 8,6 m³.s⁻¹ a s průměrnou šířkou u ústí 15 m (Štefáček, 2008).

Další řekou II. řádu, tentokrát v severní části studovaného území, je Kamenice (hřenská) s plochou povodí 217,2 km². Délka toku činí 35,6 km a s průměrným průtokem 2,65 m³.s⁻¹ ústí do Labe.

Ve studovaném území se nachází také dva monitorované prameny (obr. 21), v severní části pramen Kytlice (Mlýny), Mlýny (410 m n.m.) a v jižní části pramen Velká Javorská, V rákosí (485 m n.m.). V celém území je pak zaznamenáno na 73 objektů s označením „studánka“.

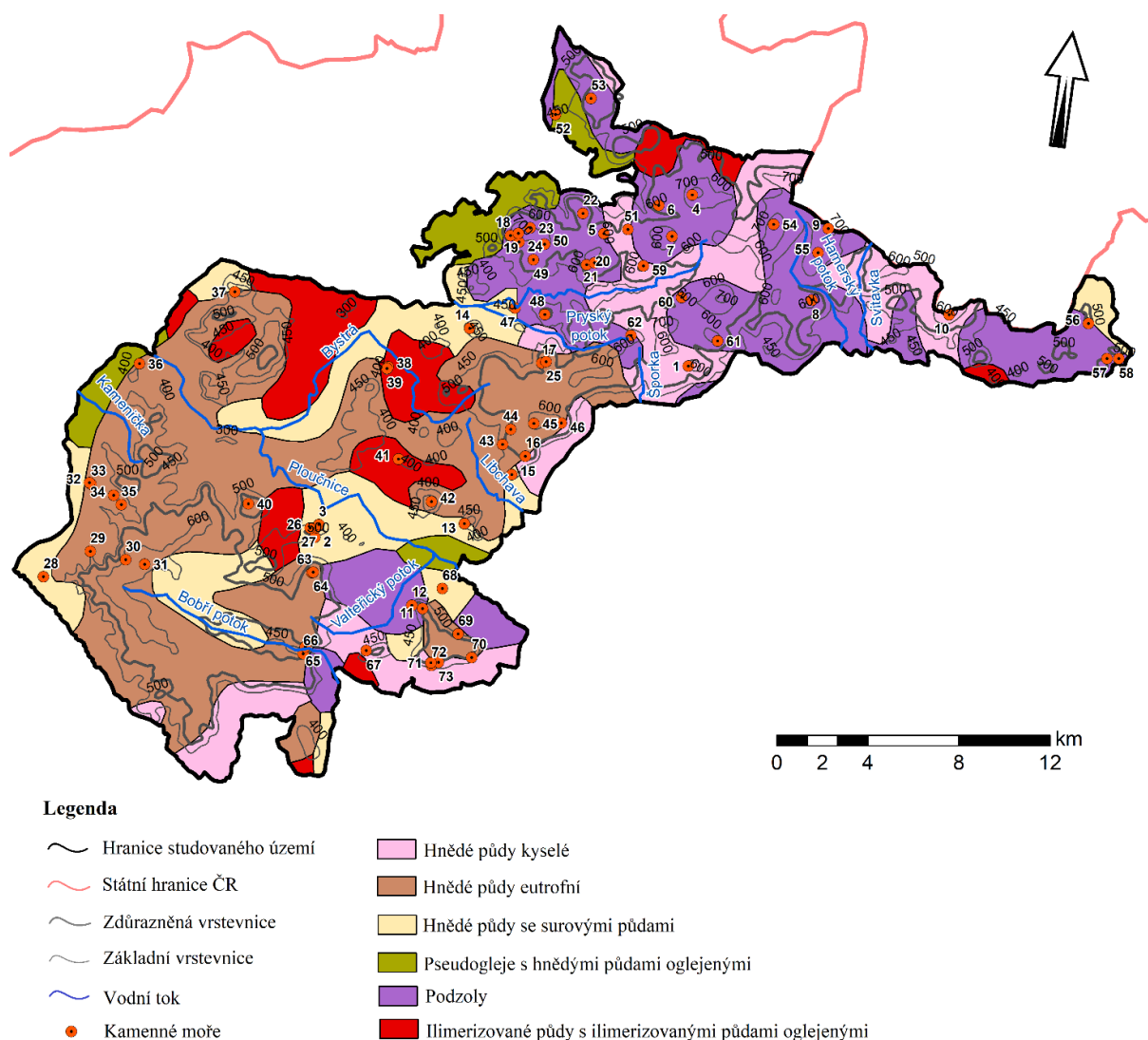


Obr. 21: Hlavní vodní toky a výskyt pramenů a studánek ve studovaném území (WMTS-ZM a Studánková mapa, 2018).

6.6 Půdní poměry

Dle Zítka et al. (1965) se ve studovaném území nacházejí typy půd: podzolové půdy (illimerizované a pravé), hnědé lesní půdy nížin a pahorkatin a hnědé horské lesní půdy. Půdní druhy se zde vyskytují převážně hlinité a půdy převážně jílovitohlinité s obsahem šterku 10–50 % (Zítek et al., 1965).

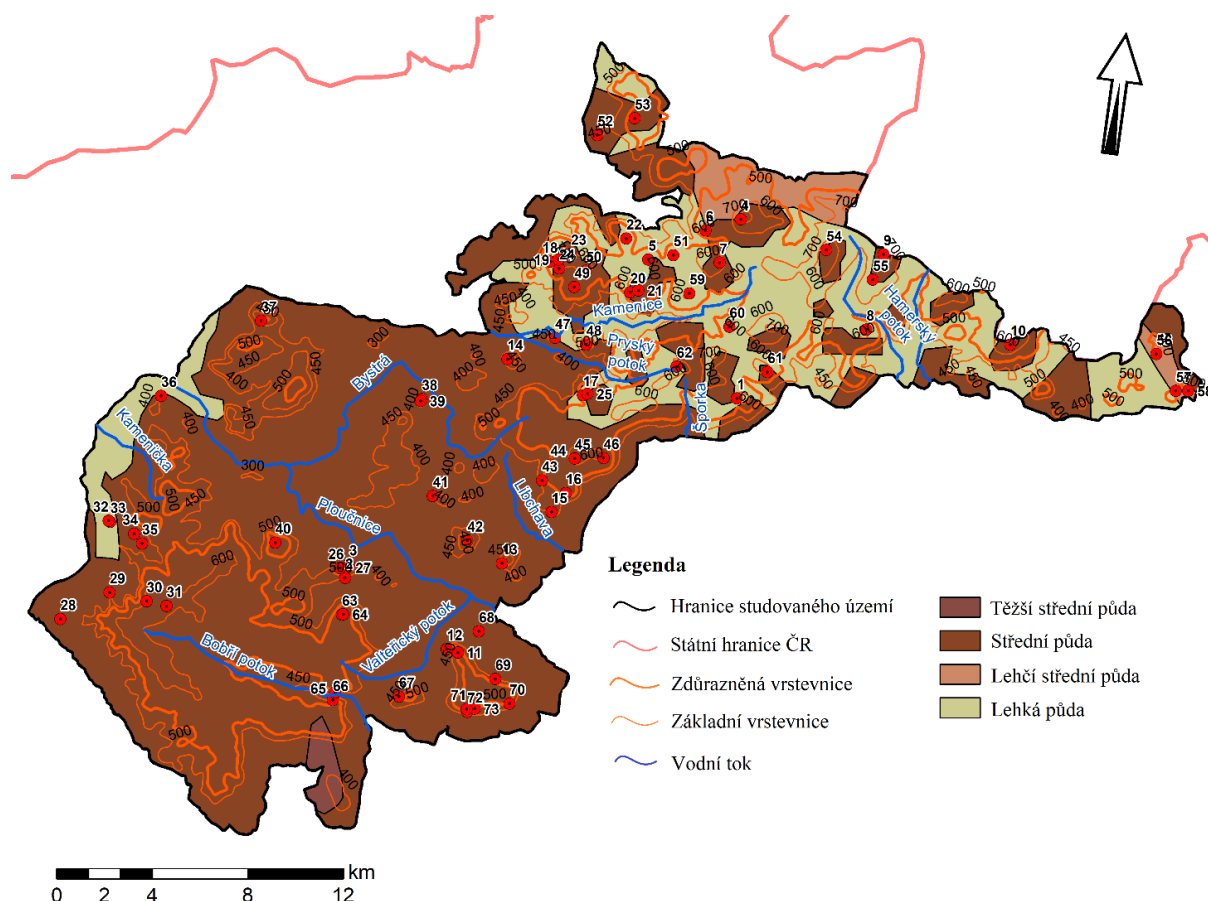
Dle Tomáška (2007) lze ve studované oblasti nalézt celkem 6 půdních typů (obr. 22).



Obr. 22: Půdní typy ve studovaném území dle Půdní mapy České republiky 1 : 1 000 000 (Tomášek, 2007).

Kamenná moře jsou představitelem zvláštního typu pokryvu povrchu bez zakrytí půdní složkou. Blíže zkoumat lze proto pouze bezprostřední okolí kamenných moří a určit tak, jaké půdní typy se na kamenných mořích mohou časem vyvíjet, resp. pod kterými mohou být pohřbeny části kamenných moří.

V okolí kamenných moří (obr. 22) se nacházejí převážně půdy hnědé eutrofní a půdy podzolové. Hnědé půdy eutrofní vznikají ve studované oblasti díky bazickým matečním horninám, ze kterých převážně vznikají. Jsou to mladé, středně těžké půdy, vzniklé vnitropůdním zvětráváním (Tomášek, 2007). Pro podzoly je typické intenzivní vyplavování, tzv. podzolizace (Tomášek, 2007). Ta je dána mimo jiné vyšším množstvím srážek, které se v severněji položené části studovaného území vyskytují (obr. 18).



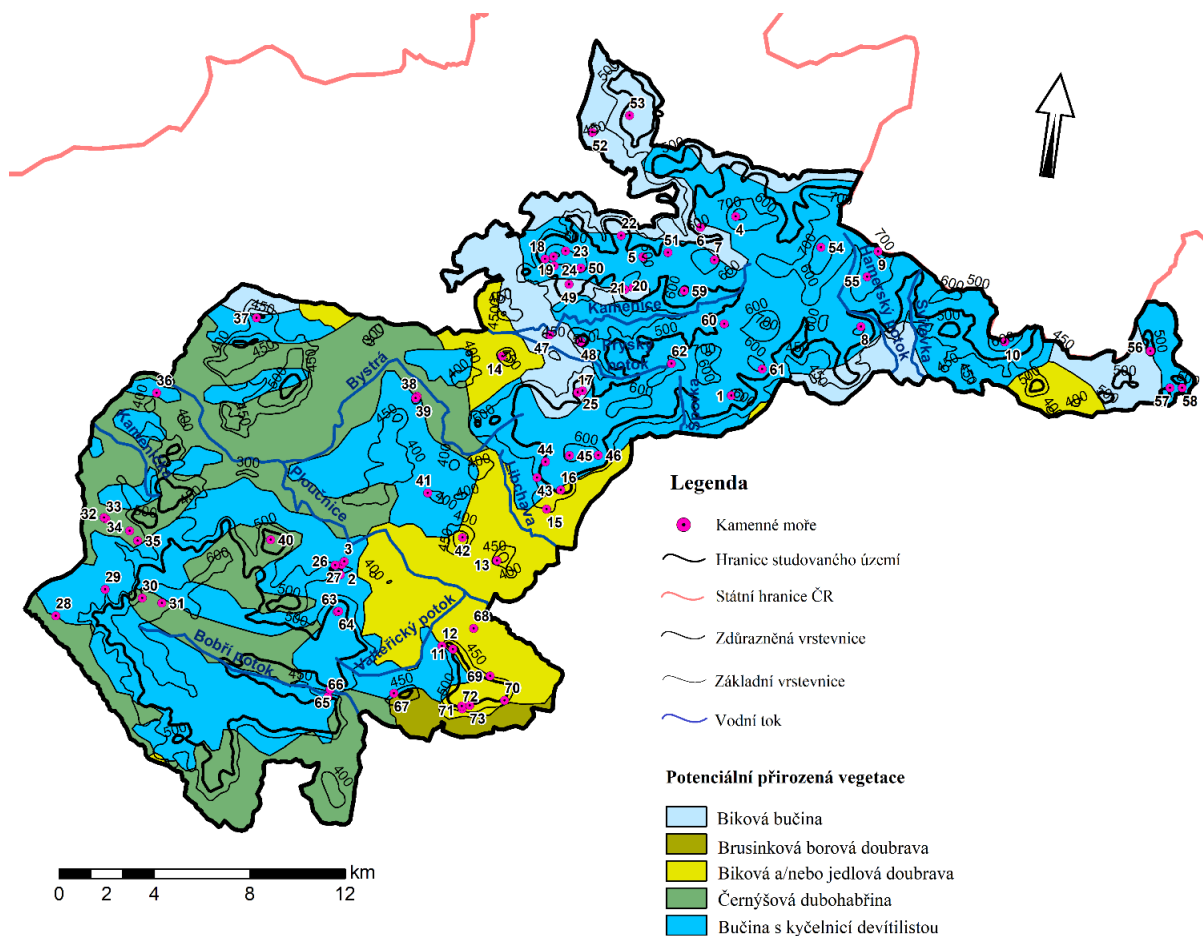
Obr. 23: Textury půd ve studovaném území dle Němečka et al., (2003) in Kozák et al. (2009).

Studované území je dle textury půd rozděleno na severní část s vyšším výskytem půd lehkých, a na jižní část s výskytem půd středních (obr. 23). V menší míře se na území nacházejí také půdy těžší střední (na jihu) a lehčí střední (na severu). Kamenná moře se jak v jižní, tak v severní části studovaného území vyskytují převážně poblíž půd středních. Mezi ty patří půdy písčitohlinité až hlinité (Tomášek, 2007).

6.7 Flóra

Dle Neuhauslové et al. (1998) by se v severní polovině studovaného území bez zásahu člověka nacházela vegetace „biková bučina“ spolu s „bučinou s kyčelnicí devítilistou“, na severovýchodě s výskytem „bikové a/nebo jedlové doubravy“ (obr. 24). V jižní části studovaného území by se převážně vyskytovala vegetace „černýšová dubohabřina“ s „bučinou s kyčelnicí

devítilistou“, místy pak s výskytem „bikové a/nebo jedlové doubravy“, na jihovýchodě s „brusinkovou borovou doubravou“.



Obr. 24: Potenciální přirozená vegetace ve studovaném území (Neuhäuslová et al., 1998).

Většina kamenných moří spadá do oblasti bučiny s kyčelníci devítilistou, kam lze zařadit např. buk, klen, jedli a smrk. Z bylinného patra by se zde vyskytovaly druhy řádu *Fagetalia* a druhy svazu *Fagion* (Neuhäuslová et al., 1998). Na svahy s kamenitější půdou lze zařadit strdivkovou bučinu (Neuhäuslová et al., 1998).

Dle regionálně fytogeografického členění České republiky (Slavík a Štěpánková, 2011) se ve studovaném území nacházejí fytogeografické okresy mezofytika. V jižní části studovaného území zaujímá většinu plochy Verneřické středohoří, v menší míře pak Lounsko-labské středohoří, Labské pískovce a Podještědí (obr. 25).



Obr. 25: Regionálně fyto geografické členění studovaného území ((Slavík a Štěpánková, 2011).

Dle Slavíka a Štěpánkové (2011) lze ve studované oblasti nalézt např. řebříček bertrám, ambrózii peřenolistou, ambrózii trojkланou, kociánek dvoudomý, rmen barvířský, prhu arniku, pelyněk ladní, pelyněk metlatý, dvouzubec paprscitý, bodlák nicí, pupavu bezlodyžnou, pupavu obecnou, mlčivec alpský, pcháč bělohlavý, pcháč různolistý a škaru ukousnutou.

Z rostlinozeměpisného členění podle Dostála (1960) in Kinský (1968) lze evidovat, že se na severu studovaného území nachází květena spadající do „Oblasti“ lesní květeny středoevropské, „Podoblasti“ přechodné květeny hercynské a „Obvodu“ rybníční a pískovcové květeny hercynské, „Okresu“ severočeských pískovců s květenou na kyselém substrátu pískovců.

Jižní část studovaného území spadá do „Oblasti“ středo- a jihovýchodoevropské květeny, „Obvodu“ převážně teplomilné květeny Českého středohoří. Dle Dostála (1960) in Kinský

(1968) se v daném obvodu nachází rostlinstvo převážně teplomilné a na podkladu převážně čedičovém, znělcovém, sopečném, pískovcovém a opukovém.

Kamenná moře a celkově blokové akumulace disponují svéráznou květenou (Růžička, 1993), typickou pro daný fenomén.

Prvními společenstvy, která osidlují sutě, jsou nenáročné mechy a lišejníky, později nastupují vyšší rostliny (Růžička, 1993). Z mechů a lišejníků lze ve studovaném území nalézt šikouška zeleného, dutohlávku i rašeliník (Zemanová /eds./, et al., 2016). Při dobrých podmínkách mohou kamenná moře v konečné fázi zarůstat lesem. Ve vyšších nadmořských výškách se vyskytují: smrkové lesy, břízy, jeřáby, bukové javořiny, reliktní bory či porosty kleče (Růžička, 1993). V nižších nadmořských výškách lze spatřit společenstva smíšených listnatých lesů se zástupci: jasan ztepilý, javor mléč, javor klen, jilm horní, lípa velkolistá (Růžička, 1993). Z lesních společenstev se ve studovaném území dle Lustyky /eds./, et al. (2016) nacházejí bučiny, dubohabřiny nebo staré acidofilní doubravy a acidofilní smrčiny. V bylinném patře lze spatřit měsíčníci vytrvalou a kakost smrdutý, což jsou zástupci bylin, které nejsou závislé na stabilizovaných profilech půdních horizontů. Jako zástupce keřů lze jmenovat meruzalku alpskou (Růžička, 1993).

Jelikož se u kamenných moří jedná o prostředí s odlišným mikroklimatem a s řadou mikrostanovišť, mohou se na poměrně malé ploše nacházet druhy velmi rozdílné, co se ekologického nároku na stanoviště týče (Růžička, 1993). V horní části kamenných moří lze nalézt povětšinou termofilní či heliofilní druhy bylin, jako: konopice rolní, tolita lékařská, řeřišník písečný, kakost krvavý (Růžička, 1993). V dolní části kamenných moří jsou k nalezení arкто-alpinské či boreo-alpinské druhy bylin. Takovými druhy jsou například játrovky *Gymnomitrium concinatum* nebo *Asterella gracilis*. (Pujmanová, 1988 in Růžička, 1993). Výskyt bylin na úpatí kamenných moří, které jsou typicky v oblastech chladnějších, je umožněn díky tzv. „wind-hole“ (Shimokawabe et al., 2015). Jedná se o otvory mezi bloky kamenného moře, ze kterých vytéká studený vzduch. Ten pak vytváří chladnější oblasti, než jaké jsou v okolí (Wakui et al., 2017). Právě v těchto místech se objevují tzv. mikrorefugia (Shimokawabe et al., 2015). Tedy lokality podporující místním klimatem takové druhy bylin, pro které by bylo okolní klima nepříznivé. Například druhy alpských bylin, které zůstaly v daných oblastech po posledním glaciálním období a za jejich setrvání může právě mikroklima kamenných moří (Shimokawabe et al., 2015).

V suti na vrchu Kamenec byla nalezena kapradina jinořadce kadeřavého. Ta se obvykle nachází od submontánních do alpských poloh Krkonoš, Šumavy či Nízkých Tater. Lokalita na vrchu Kamenec je zřejmě nejnižší položeným výskytem tohoto druhu (Pujmanová, 1988 in Růžička,

1993). Němcová (2001) našla na severní suti vrchu Kamenec (tab. 19, č. kamenného moře (ID) 24) 91 druhů mechorostů. Ve své práci o mechorostech a jejich společenstvech se přitom zmiňuje, že mezi sutě bohaté na mechorosty řadí ty s výskytem alespoň 30 druhů a počet 91 druhů na Kamenci popisuje jako zcela mimořádný. Vysoký výskyt druhů přitom nepřisuzuje ani tak značné rozloze, sklonu, nebo orientaci, ale pestré mozaice mikrostanovišť.

7 Pracovní postupy a použité metody

7.1 Výběr kamenných moří

Kamenná moře byla ve studovaném území mapována z distančních dat, tj. základních map v měřítku 1:10 000, geologických map v měřítku 1:50 000 (tab. 13) uložených v Geofondu, ortofoto map v prohlížečích Google maps (server google.cz/maps, 2018, satelitní mapa 2018) a mapy.cz (server mapy.cz, 2018, základní mapa, zeměpisná mapa a letecká mapa 2003, 2006, 2012, 2015 a 2016), a na základě literárních dat získaných z Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006).

Tab. 13: Seznam použitých geologických map ČR v měřítku 1:50 000

List	Měřítko	Autor	Rok
03-31 Mimoň	1:50 000	Klein Vladimír	1999
02-42 Česká Lípa	1:50 000	Klein Vladimír, Růžička Miloš	1993
02-24 Nový Bor	1:50 000	Valečka Jaroslav, Kadlec Jaroslav, Shrbený Otakar, Křelina Jiří, Opletal Mojmir	1999
03-13 Hrádek nad Nisou	1:50 000	Pospíšil Jaromír, Opletal Mojmir, Domečka Karel, Pálenský Peter, Shrbený Otakar	1998
02-41 Ústí nad Labem	1:50 000	Shrbený Otakar	1990
02-23 Děčín	1:50 000	Valečka Jaroslav, Kadlec Jaroslav, Shrbený Otakar, Schovánek Pavel	1992

Ve studovaném území bylo z výše uvedených zdrojů (ZM10, tab. 13 ad.) nalezeno celkem 73 kamenných moří. Pro bližší zkoumání bylo vybráno 22 kamenných moří, na kterých bylo dle orientace ke světovým stranám odlišeno celkem 30 segmentů kamenných moří. Na těchto segmentech probíhal terénní výzkum.

Výběr 22 kamenných moří byl založen na následujících kritériích: velikost, orientace, zastínění a litologie.

Velikost kamenných moří by měla být podobná velikostem dvou vzorových moří (Kamenec a Klíč), která byla změřena (byl proveden Schmidt hammer test) jako první.

Výsledný soubor kamenných moří měl jako celek obsahovat veškeré základní orientace vůči světovým stranám (S, V, J, Z) s vyváženým podílem jednotlivých kategorií.

Kamenná moře neměla vykazovat celkové zalesnění nebo zastínění okolní vegetací. Změřená kamenná moře ve studovaném území nebyla celkově zalesněná ani zastíněná.

Dle litologie, vzhledem k využití Schmidtova kladívka, byla vybrána taková kamenná moře, která vykazovala stejné vlastnosti.

Ve fázi tzv. předvýzkumu byla stanovena kritéria kontrolována distančně z literárních zdrojů či z ortofoto map. Následoval výjezd do terénu a kontrola zmíněných kritérií na místě. Při dvou výjezdech za kamenným mořem bylo měření pro nesplnění výše zmíněných kritérií zrušeno.

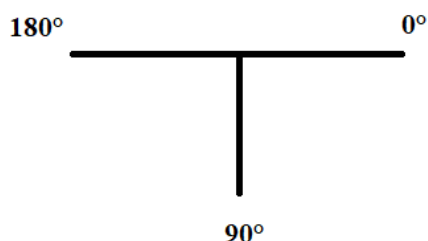
7.2 Vybrané charakteristiky

7.2.1 Charakteristiky kamenných moří

Vybrané charakteristiky kamenných moří (níže definované) byly odvozeny na základě ortofot (Google maps a mapy.cz) a DMR5G a validovány v terénu. Vybrané charakteristiky nadefinoval pro předkládanou práci vedoucí práce. Naměřená data jsou uvedena v přílohách (příloha 1 až 3) na konci práce. Mezi vybrané charakteristiky patří:

Odchylka delší osy kamenného moře od spádnice

Vizuálně se určila delší osa kamenného moře a spádnice svahu, následně se zjistil směr odchýlení delší osy kamenného moře od spádnice. Směr rovnoběžný se spádnicí je označen úhlem 90° a úhly 0° a 180° představují směr kolmý. Tímto rozložením lze později snáze sledovat přesný směr odchýlení. Směr odchýlení znázorňuje obr. 26.



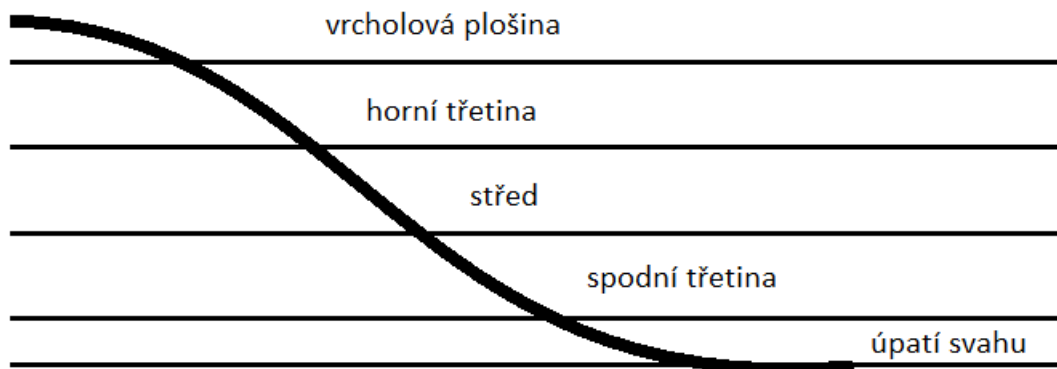
Obr. 26: Směr odchylky delší osy od spádnice.

Tvar svahu

Tvarem svahu se rozumí podélný profil svahu, na kterém se rozkládá kamenné moře a který byl na základě vizuálního ohodnocení zařazen do jedné ze tří kategorií: konvexní, konkávní nebo přímý.

Poloha kamenného moře na svahu

Polohou kamenného moře na svahu je myšleno jeho zařazení do pěti definovaných kategorií (obr. 27) na základě polohy pozice kamenného moře v určité části svahu: vrcholová plošina, horní třetina svahu, střed svahu, spodní třetina svahu a úpatí svahu. Poloha byla určena na základě ortofot a následně byla hranice kamenného moře upřesněna při terénním šetření.



Obr. 27: Náčrt oblastí možné polohy kamenného moře v rámci daného svahu. Silnější linkou je zobrazen profil svahu, slabšími přímkami jsou znázorněny oblasti: vrcholová plošina, horní třetina, střed, spodní třetina a úpatí svahu.

Tvar kamenného moře v podélném a příčném profilu

Vizuálně byl klasifikován tvar podélného profilu celého kamenného moře jako konvexní, konkávní nebo přímý. Obdobná klasifikace proběhla u příčných profilů procházejících horními třetinami, středem a spodními třetinami kamenných moří.

Morfologicky výrazné čelo kamenného moře

Přímo v terénu bylo zhodnoceno, zda je kamenné moře v dolním okraji zakončeno morfologicky výrazným čelem. Pod tímto pojmem se rozumí jakákoliv forma kamenného valu ve spodní části kamenného moře. U žádného změřeného kamenného moře nebylo morfologicky výrazné čelo zaznamenáno.

Zdrojová oblast kamenného moře

Zdrojovou oblastí je myšlena přítomnost toru či skalního výchozu nad kamenným mořem. Ta byla zjišťována na základě ortofot a pozdějšího terénního šetření, a to navštívením vrcholové plošiny svahu, na kterém se kamenné moře rozprostíralo.

Vegetace

U kamenných moří byl výskyt vegetace zhodnocen slovně i procentuálně. Slovně byl popsán výskyt vyšší vegetace, procentuálně (dle vizuální kontroly) bylo zaznamenáno pokrytí kamenných bloků mechy či lišejníky.

Orientace kamenného moře vzhledem ke světovým stranám

V terénu byla orientace kamenného moře vzhledem ke světovým stranám zjištěna pomocí buzoly a GPS, v prostředí GIS byl poté výsledek validován. Použity byly kategorie S, V, J a Z. Pakliže kamenné moře procházelo vícero třídami orientace, byla zaznamenána ta orientace, kde probíhalo terénní měření.

Nadmořská výška

V terénu byla nadmořská výška ve spodní třetině, středu a horní třetině kamenných mořích zjištěna a zaznamenána pomocí GPS (Garmin 62 st.), a to vždy ve středu jednotlivých třetin. Jestliže není v předkládané práci definováno jinak, údaj nadmořské výšky kamenného moře představuje střed kamenného moře.

V prostředí ArcMap byla data z GPS (ve formátu *.gpx*) zobrazena pomocí nástroje „GPX To Features“.

Sklon svahu

Sklon svahu byl určen sklonoměrem SILVA Clino jako průměrné uklonění roviny povrchu svahu ve směru po spádnicí vůči horizontální rovině. Sklon svahu byl měřen při každém Schmidt hammer testu. Průměrný sklon svahu byl určen jako aritmetický průměr zjištěných hodnot sklonu spodní třetiny, středu a horní třetiny kamenného moře.

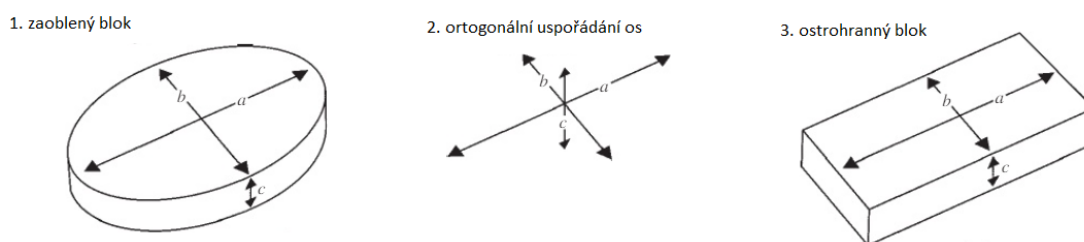
7.2.2 Charakteristiky vybraných bloků

V každé třetině (horní, ve středu a spodní) kamenného moře bylo vybráno 5 bloků. Bloky v jednotlivých třetinách byly vybírány v blízkosti spádnice svahu. Na jednotlivých blocích byly v terénu zhodnoceny následující charakteristiky (změřené hodnoty jsou uvedeny v příloze 2):

Délky os bloku

Délkami os bloku se rozumí délka delší osy bloku (a) a kratší osy bloku (b – kolmá ku a) (obr. 28).

Měření délek os bloků bylo provedeno dle Hubbarda a Glassera (2005).



Obr. 28: Způsoby měření délek os bloků dle Hubbarda a Glasera (2005).

Výška bloku

Výška bloku (c , obr. 28) byla zjištěna změřením délky osy ve vertikální rovině (kolmé k povrchu). U převážné většiny kamenných bloků bylo změření výšky proveditelné bez

jakéhokoliv zásahu do daného bloku, okolních bloků nebo okolního matrixu. Byl-li kamenný blok natolik obklopen matrixem nebo jinými kamennými bloky, že nebylo možné určit spodní stranu balvanu, nebylo na takovém bloku provedeno jakékoli měření.

Excentricita bloku

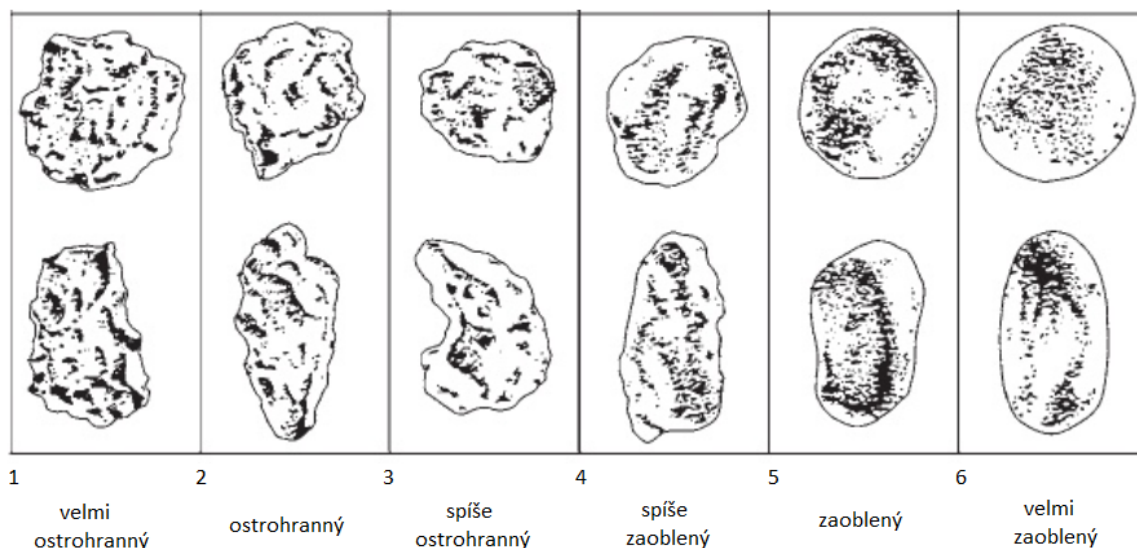
Excentricita vypovídá o protáhlosti bloku, čím je číslo vyšší, tím se tvar bloku blíží kruhu. Vypočítána byla poměrem b/a (Smolíková, 2009).

Zaklínění bloku

Zaklínění bloku je definováno poměrem a/c . Výsledná hodnota se nachází na stupnici mezi 0 a 1. Čím nižší číslo, tím je blok více zaklíněn (Caine, 1968 in Smolíková, 2009)

Ostrohrannost bloku

Blok byl vizuálně zhodnocen a zařazen do jedné z kategorií (obr. 29): velmi zaoblený, zaoblený, spíše zaoblený, spíše ostrohranný, ostrohranný, velmi ostrohranný. Škály byly převzaty od Powersema (1953) in Hubbard a Glasser (2005). Na změřených kamenných mořích nebyly nalezeny kamenné bloky spadající do škály 1 a 6.



Obr. 29: Kategorie ostrohrannosti bloků dle Powersema (1953) in Hubbard a Glasser (2005).

Odchylka delší osy bloku od spádnice

Směr odchýlení delší osy bloku od spádnice svahu byl určen stejně jako při odchylce delší osy kamenného moře od spádnice (obr. 26) s tím rozdílem, že v tomto případě byla využita delší osa kamenného bloku (namísto kamenného moře).

Poloha bloku v rámci kamenného moře

Polohou kamenného bloku se rozumí v rámci plošiny daného svahu. Kamenný blok se může nacházet na plošině, pod hranou plošiny nebo volně na svahu.

Sklon bloku

Sklonem bloku se rozumí uklonění roviny povrchu bloku ve směru po spádnicí vůči horizontální rovině. Tato charakteristika byla určena v terénu pomocí sklonoměru SILVA Clino.

Zanoření / vynoření bloku

Ze zjištěných hodnot sklonu bloku a svahu v daném místě bylo zjištěno zanoření, případně vynoření daného bloku ($^{\circ}$). Pokud daný blok dosahoval vyššího sklonu, než byl sklon svahu, jednalo se o blok zanořený. Při opačném rozložení hodnot se jednalo o blok vynořený. V případě shodnosti sklonu svahu se sklonem bloku byl takový sklon bloku označen jako shodný se sklonem svahu.

7.3 Práce v prostředí GIS

7.3.1 Tvorba digitálního modelu reliéfu a analýz v prostředí GIS

Pro práci v prostředí GIS byl použit digitální model reliéfu ČR 4. generace (DMR4G) (ČÚZK, 2014) a jeho derivátů. Model má úplnou střední chybu výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Vstupní data pro DMR4G byla získána leteckým laserovým skenováním v roce 2013 (ČÚZK, 2017). Pro předkládanou práci a prostředí ArcMap data DMR4G upravil a převedl David Krause.

Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR5G) a jeho deriváty byly v práci využity pro přesnější analýzu vybraných kamenných moří, na kterých proběhl terénní průzkum. Tento model má úplnou střední chybu výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Vstupní data pro DMR5G byla získána leteckým laserovým skenováním v letech 2009 až 2013 (ČÚZK, 2017). Model 5. generace byl od poskytovatele (ČÚZK) zdarma k dispozici v omezeném množství, a tak byly vybrány pouze oblasti se změřenými kamennými moři. V těchto oblastech byla pro účely práce vyšší kvalita dat přínosná. Pokud se v předkládané práci řešila všechna kamenná moře ve studovaném území, byl použit model 4. generace, který při porovnání s DMR5G vykazoval nižší rozlišení dat.

Data DMR 5G, která byla z ČÚZK (2017) dodána ve formátu .xyz, se za pomoci nástroje „ASCII 3D to Feature Class“ převedla do bodového pole v ArcMap 10.4.1 (ESRI, 2010) s extenzí 3D analyst. Konkrétně se v ArcMap postupovalo: ArcToolbox → 3D Analyst Tools → Conversion → From File → ASCII 3D to Feature Class s nastavením: Output Feature Class Type = Multipoint, Coordinate System = S-JTSK_Krovak_East_North. TIN byl vytvořen postupem: 3D Analyst Tools → Data Management → TIN → Create TIN.

Vytvořený TIN byl převeden na rastr pomocí nástroje TIN to Raster: ArcToolbox -> 3D Analyst Tools -> Conversion -> From TIN -> TIN to Raster. Pro výpočet byla nastavena velikost jednoho pixelu na 1x1m, tedy CELLSIZE 1.

V prostředí ArcMap byla pomocí nástroje Aspect (ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Surface -> Aspect) zjištěna orientace svahů. Vytvořená vrstva obsahovala společně s kategorií rovina celkem 9 kategorií rozdílných orientací.

Protože bylo zapotřebí zjištění orientace svahů pro světové strany S, V, J a Z, byla provedena reklasifikace vytvořené vrstvy orientace svahů pomocí nástroje Reclassify. Daný nástroj je součástí ArcToolboxu -> Spatial Analyst Tools -> Reclass -> Reclassify. V nastavení nástroje Reclassify pod tlačítkem Classify byly nastaveny dle škály od 0–360° hranice pro jednotlivé kvadranty (po 90°).

Pro potřebu práce při hodnocení vlivu příjmu sluneční energie na rozpad bloků byl zjištěn také sklon svahů. Použit byl nástroj v ArcMap s názvem Slope (ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Surface -> Slope).

Při tvorbě relativní výškové členitosti se postupovalo dle návodu v publikaci „Praktikum morfometrických analýz reliéfu“ (Křížek et al., 2016). Parametry i postup se shodují s údaji ve zmíněné publikaci. Kde není řečeno jinak, bylo ponecháno základní nastavení (přednastavené). Pro vytvoření čtvercové sítě byl nastaven prostorový rozsah zájmového území (vložením hranice zájmového území), velikost oka sítě 1 000 m a formát generované sítě byl zvolen POLYLINE. Pravidelná síť bodů 1 x 1 m byla vytvořena s nastavením ONLY_FID v roletovém menu JoinAttributes. Atributová Tab. výsledné vrstvy uzlových bodů tak obsahuje jedinečný identifikátor linie výchozí čtvercové sítě, na které leží (Křížek et al., 2016). V roletovém menu Output Type byl zvolen POINT. Formát multipoint se do formátu point, se kterým je nutné dále pracovat, převede nástrojem Feature To Point. Zde bylo zaškrtnuto políčko Inside. Následně se v nástroji Focal Statistics zvolila v roletovém menu Neighborhood možnost Rectangle s nastavením 2 000 m pro výšku a šířku okolí buňky. Pro volbu jednotek byla označena možnost Map a v roletovém menu Statistics type byla vybrána funkce RANGE. Následně byl použit nástroj Extract Multi Values to Point s výchozím nastavením a v nástroji Natural Neighbor byla v položce Output cell size zadána hodnota 10. Výsledek byl klasifikován v Layer Properties -> Symbology -> Classified -> Classify. Klasifikační škála byla použita od Demka (1987).

Pro určení potenciálního průměrného ročního globálního slunečního záření na vybraných kamenných mořích byl použit nástroj Area Solar Radiation. Přesný postup: ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Solar Radiation -> Area Solar Radiation. Nastavení bylo ponecháno v základním přednastaveném režimu, změna byla provedena u volitelné položky Time

Configuration na možnost Whole year with monthly interval (rok 2017) a u volitelné položky Diffuse model type na možnost STANDARD_OVERCAST_SKY. Po dokončení výpočtu byl k dispozici vytvořený rastr příkonu slunečního záření v jednotkách Wh.m^{-2} . Model při výpočtu množství potenciálního záření uvažuje vliv zastínění okolním reliéfem (Křížek et al., 2016).

7.4 Schmidt hammer

7.4.1 Princip a obecné zásady měření se Schmidt hammerem

Metoda měření zvaná „Schmidt hammer test“ je založena na přístroji, resp. nástroji v českém jazyce označovaném jako Schmidtovo kladívko.

Odkrytý povrch horniny je nejrozličnějšími exogenními činiteli zvětráván a je tak postupně měněna i jeho tvrdost (Winkler, 2005). Měřením tvrdosti dané horniny lze zjistit relativní stáří horniny (Winkler, 2008).

Pro účely práce bylo použito Schmidtovo kladívko N-typu (obr. 30) s kalibrovanou energií kolíku na horninový povrch (pro pevnost v tlaku 2,207 Nm). Určen je především pro testování horniny v rozmezí pevnosti v tlaku 10–70 Mpa. Dle Goudie (2006) je tento typ vhodný pro různé typy hornin od slabých po velmi silné (tab. 14).

Schmidtovo kladívko bylo tlačeno plynulým pohybem k povrchu bloku, píst se následně automaticky uvolnil. Po odrazu od horniny urazí píst v přístroji určitou vzdálenost, tato vzdálenost se nazývá odrazová hodnota (R). Platí zde takový vztah, že tvrdší horniny vykazují větší R-hodnotu (Aydin a Basu, 2005 in Goudie, 2006). Důvodem je částečná ztráta energie při prorážení zvětralé kůry u méně odolných hornin (Aydin a Basu, 2005).



Obr. 30: Schmidt hammer a číselná stupnice.

Metoda měření pomocí Schmidtova kladívka, jako každá jiná metoda, má své výhody a nevýhody (tab. 14). Nespornou výhodou je neinvazivní testování přímo v terénu, zabezpečeno nízkou hmotností nástroje. Četné výzkumy vedly k jasným pravidlům používání a především k ověření funkčnosti nástroje. Největší nevýhodou Schmidtova kladívka je míra subjektivity výzkumníka, který s přístrojem manipuluje. Zásadní je vhodný výběr kamenných bloků, které mají být testovány (povrch spíše hladký, spojitý, bez vegetace).

Tab. 14: Srovnání výhod a nevýhod Schmidtova kladívka.

Výhody	Nevýhody
Přístroj je navržen tak, aby nedocházelo k rozdrčení jednotlivých zrn, zhroucení skeletu, praskání nebo odlamování horniny (Aydin a Basu, 2005). Při získání potřebných dat v terénu proto nedochází k zásahu do panujících procesů v kamenném moři (Winkler, 2008).	Nutnost užití Schmidtova kladívka na specifický druh horniny. Není příliš vhodné měřit v oblasti, kde se vyskytuje více druhů horniny. Právě druh horniny, resp. její počáteční tvrdost (při vzniku), vnáší do měření největší potenciální chybu (McCarroll 1987 in Winkler, 2005). U horninových minerálů jako je křemen a živec dochází vlivem zvětrávání k významně nižším hodnotám odrazu, to je způsobeno rozdílnými vlastnostmi zvětrávání jednotlivých minerálů v polyminerální hornině (Williams a Robinson, 1983 in Aydin a Basu, 2005).
Cena (kolem 20 000,- Kč pro typ N) (Goudie, 2006). Cena je nízká v porovnání s jinými metodami testujícími tvrdost či stáří horniny.	Vlhkost horniny ovlivňuje výsledky, a to především u slabých bloků (Sumner a Nel, 2002 in Goudie, 2006).
Možnost práce přímo v terénu s četným měřením (Goudie, 2006).	Velmi citlivý na nespojitosti horniny (Goudie, 2006). Nepravidelné povrchy (nerovné) vykazují nižší hodnoty. Mnohdy je zapotřebí povrch před testem vyhladit (Williams a Robinson, 1983 in Goudie, 2006).
Poměrně jasná pravidla obsluhy (Day a Goudie, 1977 in Goudie, 2006).	Ovlivnění R-hodnoty vlivem drčení nerovností při nárazu pístu do povrchu horniny (Goudie, 2006).
Jednoduchost (Goudie, 2006).	Hmotnost bloku by měla být větší než 25 kg (Goudie, 2006)
Podloženost empirickými důkazy (Goudie, 2006).	Vzorky by neměly být v pohybu, ale pevně ukotveny, a to jak v terénu, tak i v laboratoři (Kolaiti a Papadopoulos, 1993).
Možnost kalibrace (Goudie, 2006).	Provádět výzkum nelze na materiálech, jako konglomeráty nebo brekcie (Kolaiti a Papadopoulos, 1993).
Teplota zřejmě nemá významný vliv na R-hodnoty (Day a Goudie, 1977 in Goudie, 2006).	Metoda by neměla být použita pro extrémně slabé horniny, dle klasifikace ISRM 1981 (Kolaiti a Papadopoulos, 1993).
Hmotnost přístroje (1,7–2,3 kg) (Goudie, 2006) a skladnost (Winkler, 2008).	Mnohdy je zapotřebí povrch před testem vyhladit (Williams a Robinson, 1983 in Goudie, 2006). Povrch by měl být očištěn od volného materiálu (Kolaiti a Papadopoulos, 1993).

Mít se na pozoru je třeba i při samotném používání Schmidtova kladívka. Je nutné si uvědomit rozdíl v naměřených hodnotách, kdy je při úderu kladívko ve vodorovné či svislé poloze. U svislé polohy je opět rozdíl, zda je se Schmidtovým kladívkem tlačeno směrem nahoru či dolů. Tento další omezující faktor má na svědomí gravitace, která na přístroj působí (Kolaiti a Papadopoulos, 1993). Kromě toho podléhají svislá a horizontální plocha odlišnému zvětřování, které by vedlo k odchylkám v naměřených R-hodnotách.

Protože se se Schmidtovým kladívkem pracuje v geomorfologických výzkumech již řadu let, je k dispozici také klasifikační tabulka tvrdosti horniny (tab. 15). Dle naměřených R-hodnot lze horninu zařadit v klasifikační škále od velmi slabé po velmi silnou horninu a lze danou horninu charakterizovat.

Tab. 15: Klasifikační Tab. tvrdosti hornin (dle Goudie, 2006).

Popis	Jednosměrná pevnost v tlaku (MPa)	Pevnost bodového zatížení $I_{s(50)}$ (MPa)	R-hodnoty Schmidtova kladívka typu N	Charakteristika horniny
Velmi slabá hornina – rozpadá se pod prudkými údery geologickým náčiním, dá se řezat kapesním nožem.	1–25	0,04–1,0	10–35	Zvětralé a méně kompaktní sedimentární horniny – křída, horninová sůl.
Slabá hornina – obtížné mělké řezy nebo škrábání s kapesním nožem, silné rány geologickým náčiním tvoří hluboké odrazy.	1–50	1,0–1,5	35–40	Slabě stmelené sedimentární horniny – uhlí, naplavenina, břidlice.
Mírně silná hornina – nůž nelze použít ke škrábání nebo oloupávání povrchu, po použití geologického náčiní vzniká mělký důlek.	50–100	1,5–4,0	40–50	Sedimentární horniny – pískovec, jílovitá břidlice, břidlice
Silná hornina	100–200	4,0–10,0	50–60	Magmatické a metamorfované horniny – mramor, žula, rula
Velmi silná hornina	>200	>10	>60	Husté jemnozrnné magmatické a metamorfované horniny – křemenec, dolerit, gabbro, čedič

Při porovnávání R-hodnot z tabulky 15 s hodnotami v této práci (tab. 19, průměr R-hodnot) je zapotřebí brát v potaz například stáří horniny, nebo klimatické podmínky, které panovaly při měření R-hodnot.

Starší horniny vykazují obvykle nižší R-hodnoty než mladší stejný druh horniny, protože mladší horniny vykazují nižší mocnost zvětralé kůry (Goudie, 2006).

V článku od Goudie (2006) nejsou uvedeny žádné bližší informace o zpracování dané klasifikační tabulky. Nelze tedy říci, při jakých podmínkách byly R-hodnoty v tabulce 15 naměřeny.

Tab. 16: Průměrné hodnoty R u čediče (Gaudie, 2006).

Materiál čedič	Průměrná R-hodnota	Zdroj
Turecko	61,8–66,0	Kahraman et al., 2002 in Goudie, 2006
Turecko	52,4	Yaşar a Erdoğan, 2004 in Goudie, 2006
ostrov Lord Howe, severní hřeben, Austrálie	44,2–48,3	Dickson et al., 2004 in Goudie, 2006
ostrov Lord Howe, hora, Austrálie	53,2–62,3	Dickson et al., 2004 in Goudie, 2006
Island	67,3	Brook et al., 2004 in Goudie, 2006
Řecko	42,4	Aggitalis et al., 1996 in Goudie, 2006
ostrov Marion, polární podnebí	64	Summer a Nel, 2002 in Goudie, 2006
Jižní Afrika	62	Summer a Nel, 2002 in Goudie, 2006

Z výčtu výzkumů (tab. 16), ve kterých byla měřena hodnota R u horniny čediče na různých místech ve světě je zřejmá vysoká variabilita průměrné R-hodnoty. Tu lze přisoudit vlivům klimatu i místním mikroklimatickým podmínkám. Jiné klimatické podmínky panují v polárním podnebí (ostrov Marion) a ve středomořském podnebí (Řecko). Značné rozdíly naměřených průměrných R-hodnot panují i mezi dvěma oblastmi v Turecku. Porovnání R-hodnot na dvou rozdílných lokalitách je evidentně značně komplikované.

7.4.2 Podmínky a způsob vlastního měření R-hodnot

V každé části kamenného moře byly vybrány takové kamenné bloky, které splňovaly předem stanovená kritéria, jako:

Litologie

Testována byla kamenná moře s bloky obdobné litologie, ve studovaném území se jednalo o neovulkanity čedič a znělec.

Minimální hmotnost (velikost)

Kamenné bloky by měly při měření Schmidtovým kladívkem vážit minimálně 25 kg (Goudie, 2006). Hmotnost bloků, které byly na kamenném moři změřeny, byla odhadnuta na základě znalosti hustoty a stanovených minimálních rozměrů. Kamenná blok byl před změřením vizuálně zhodnocen, zda splňuje minimální hmotnostní (velikostní) podmínky.

Poloha bloku

Bloky byly vybírány takové, u kterých se vrchní testovaná strana nacházela v horizontální poloze, případně subhorizontální (obr. 31). Blok se při testování nesměl hýbat, aby nedošlo ke zkreslení výsledků (Kolaiti a Papadopoulos, 1993).

Povrch bloku

Jelikož nebyl na povrch bloků použit brusný kotouč, byla nežádoucí jak přítomnost mečů či lišejníků, tak i zvýšená hrubost povrchu nebo přítomnost puklin. Tyto zmíněné elementy by zapříčinily zkreslování naměřených hodnot (Katz, Reches, Roegiers, 2000).

Na jednotlivých vybraných blocích (viz 7.2.2) bylo provedeno 25 úderů Schmidtovým kladívkem. Z naměřených 25 úderů byla zjištěna průměrná hodnota odrazu na daném bloku. Následně bylo 5 hodnot s největší odchylkou od naměřeného průměru vymazáno a dále bylo již počítáno se zbylými 20 hodnotami (sensu Daye a Goudie (1977), také Matthews a Shakesby (1984) a Engel (2007)).

Pro zjištění R-hodnoty se v mnoha výzkumech autoři liší v počtu úderů Schmidtova kladívka do bloku. Ve výzkumu vedeném Buyuksagis a Goktan (2007) bylo zjištěno, že mnohem spolehlivější a přesnější odhady jsou dosahovány při několika testech, na rozdíl od pouze jediného testu (úderu). Dané zjištění bylo v předkládané práci respektováno provedením 25 úderů na každém bloku.



Obr. 31: Práce se Schmidt hammerem v terénu.

Kamenné bloky, na kterých byl vykonán test Schmidtovým kladívkem, byly vybírány v daném úseku kamenného moře náhodně, přesto nebylo v některých případech možné vyhnout se přerušení začatého testu a vybrat blok jiný. U některých bloků nebylo ihned na první pohled zřejmé, zda budou správně zaklíněny (pro nehybnost bloku), zda na nich nebudou po bližším zkoumání nalezeny praskliny, či vrstva mechu a lišejníků.

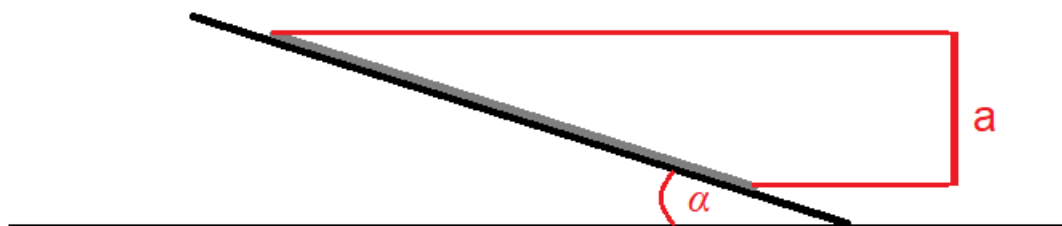
Práce v terénu nesloužila pouze pro validaci umístění a hranic kamenných moří, ale v průběhu měření bylo možné nalézt odpovědi na některé otázky týkající se pohybu kamenných bloků. I když je šetření Schmidtovým kladívkem neinvazivní, pro jeho aplikaci byl při terénním průzkumu nutný pohyb po jednotlivých kamenných blocích. Ty, ačkoli se mohlo zdát, nebyly vždy zaklíněné a nehybné. V průběhu šetření bylo nutné nehybnost jednotlivých bloků testovat (pošlapáním).

Práce se Schmidtovým kladívkem probíhala na základě nastudovaných poznatků z rešerše literatury, podpořených společným terénním průzkumem jednoho z kamenných moří (na vrchu Klíč) za pomoci vedoucího předkládané práce. Manipulace s kladívkem byla prováděna pouze autorem práce, se zapisováním pomáhala druhá osoba účastnící se terénního šetření. Po úderu kladívka do kamenného bloku muselo kladívko zůstat v dané poloze tak, aby bylo možné na jeho straně přečíst výslednou R-hodnotu. Bez pomoci asistenta by se čas věnovaný testu Schmidtovým kladívkem několikanásobně prodloužil.

7.5 Mocnost kamenných moří

Pro určení odhadované mocnosti kamenných moří bylo vybráno 22 kamenných moří, na nichž bylo provedeno terénní měření.

Maximální mocnost kamenného moře byla vypočtena ze známých údajů, jako je sklon kamenného moře a rozdíl nadmořských výšek vrcholu a úpatí kamenného moře (obr. 32).



Obr. 32: Schéma výpočtu maximální možné mocnosti kamenného moře vzorcem $C = \cos \alpha \cdot a$. Tenká černá linie představuje uvažovanou rovinu, tučná černá linie představuje svah. Kamenné moře je znázorněno šedou tučnou linií.

Maximální mocnost byla vypočtena ze vzorce $C = \cos \alpha \cdot a$, kde úhel α představuje sklon kamenného moře a písmeno a představuje rozdíl nadmořské výšky mezi nejvýše a nejnižší položeným bodem na spádnicí daného kamenného moře. Odhadovaná mocnost kamenného moře představuje přesnou 1/3 maximální mocnosti, a to dle výsledků měření Duffka (2017).

7.6 Statistické vyhodnocení charakteristik

Jednotlivé charakteristiky kamenných moří byly otestovány Shapiro-Wilkovým testem normality v programu Statistica (verze 13.3.0, 2017, Tibco). Testem normality byly podrobeny veškeré charakteristiky, pro které bylo normální rozdělení dat nutnou podmínkou pro další analýzy. Pokud p-hodnota výsledku Shapiro-Wilkového testu přesáhla hladinu 0,05, splnila data předpoklad normálního rozdělení a mohl být pro jejich další analýzu využit Pearsonův korelační koeficient. Pokud některý ze souborů dat nevykazoval normální rozdělení hodnot, byla na něm pro účely dosažení normálního rozdělení dat provedena Box-Coxova transformace (Statistica, 2017)

Pakliže soubor hodnot nevykazoval ani po aplikaci transformací normální rozdělení hodnot, byl na něj místo Pearsonova korelačního koeficientu aplikován Spearmanův korelační koeficient. Při použití Spearmana nemusí soubor hodnot vykazovat normální rozdělení, stačí, pokud pochází ze spojitého dvourozměrného rozdělení (resp. z diskrétního rozložení s vyšším počtem

hodnot). Při užití Spearmana byla aplikována pořadová transformace. Veličiny se uspořádaly podle velikosti a zaznamenalo se jejich pořadí. Pořadová čísla se přidělila vzestupně všem hodnotám každé proměnné. V případě výskytu identických hodnot se těmto hodnotám přidělilo prostřední pořadí celé skupiny hodnot (Kunderová, 2004; Hron a Kunderová, 2013).

Pro zjištění potenciálního rozdělení kamenných moří do skupin byla provedena shluková analýza s eukleidovskými vzdálenostmi (Wardova metoda), pro vstupní parametry: sklon, potenciální průměrná roční radiace a R-hodnoty (SPSS v.20, IBM, 2016).

Za účelem zjištění vztahu mezi jednotlivými proměnnými byla použita jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA. Výsledky byly dále testovány F-testem na hladině významnosti $p=0,05$ (Statistica, 2017).

7.7 Model predikce R-hodnot

Po fázi terénního šetření ve studovaném území vyvstala otázka, zda by se na základě hodnot příjmu sluneční energie (potenciální průměrné roční radiace), znalosti polohy (třetina kamenného moře) a orientace ke světové straně daly odvodit R-hodnoty.

Celý soubor naměřených hodnot obsahuje 90 údajů R-hodnot a 90 údajů hodnot potenciální průměrné roční radiace (30 naměřených kamenných moří, na každém moři spodní, střední a horní část: $30 \cdot 3 = 90$ hodnot). Do vzorce bylo vybráno celkem 45 R-hodnot, 45 hodnot potenciální průměrné roční radiace (15 R-hodnot a 15 hodnot potenciální průměrné roční radiace ze spodních částí kamenných moří, 15 R-hodnot a 15 hodnot potenciální průměrné roční radiace ze středních částí kamenných moří, 15 R-hodnot a 15 hodnot potenciální průměrné roční radiace z horních částí kamenných moří), spolu se znalostí orientace ke světové straně a poloze v rámci kamenného moře.

Výběr kamenných moří (tedy soubor hodnot) probíhal za pomoci znalosti geologické situace studovaného území (obr. 10) a orientace (obr. 13) tak, aby se kamenná moře vyskytovala na rozdílných podložích a s různorodou orientací.

Výpočet spočíval v použití lineární regrese závislé proměnné R-hodnot na nezávislých proměnných: potenciální průměrné roční radiace, orientace a třetina kamenného moře (Gretl, GNU, 2016). Potenciální průměrná roční radiace byla kódována jako spojitá proměnná, zbylé dvě jako kategoriální (tab. 17). Proměnná orientace má v regresním modelu čtyři kategorie: J, V, Z, S (z toho první je referenční). Koeficienty při parametrech těchto kategorií ve výsledcích regrese znamenají rozdíl dané kategorie oproti referenční. U třetin kamenného moře jsou celkem tři kategorie (z toho první je referenční). Koeficienty při parametrech kategorií i zde

znamenaí rozdíl dané kategorie oproti referenční a statistický test se vztahuje ke statistické významnosti tohoto rozdílu. Tímto postupem byl kvantifikován individuální efekt každé orientace a třetiny, a přitom byl izolován efekt závislosti sledované proměnné na potenciální průměrné roční radiaci.

Takto formulovaný regresní model vytvořený na polovině (testovací) datového souboru byl následně aplikován na druhou polovinu souboru pro ověření prediktivní schopnosti modelu.

Tab. 17: Kódování kategoriálních proměnných, první kategorie jako referenční, tj. ostatní jsou s ní porovnány (Gretl, 2016).

Orientace		Třetina	
1	J	1	spodní část
2	V	2	střed
3	Z	3	horní část
4	S		

8 Výsledky

8.1 Kamenná moře ve studovaném území

Ve studovaném území bylo různými způsoby (tab. 18) nalezeno celkem 73 kamenných moří, aby na 22 z nich bylo definováno celkem 30 segmentů kamenných moří, které byly podrobeny terénnímu šetření.

Tab. 18: Počty kamenných moří a způsob jejich detekce. Lokalitami jsou myšleny vrchy, na kterých se v některých případech rozkládalo více kamenných moří a provádělo tak i více měření.

Počet navštívených lokalit v terénu	19
Počet v terénu měřených jednotlivých kamenných moří	22
Počet segmentů kamenných moří, změřených v terénu	30
Celkový počet kamenných moří v území	73
Počet všech segmentů kamenných moří rozdělených dle orientace ke světovým stranám	127
Kamenná moře zjištěna dle ortofoto	36
Kamenná moře zjištěna dle publikace Demek a Mackovčín /eds/ et al. (2006) + ortofoto	17
Kamenná moře zjištěna dle ZM10 + ortofoto	20

Důležité charakteristiky segmentů kamenných moří testovaných přímo v terénu byly tabulkově zpracovány (tab. 19). Za pomoci sloupce označeném „ID“ lze jednotlivá měření dohledat v obrázku geologického podloží (obr. 10), kde je všech 30 šetřených segmentů kamenných moří zobrazeno. Poloha kamenných moří (obr. 10) vychází z údajů v terénu změřených hodnot GPS (měřeno ve středu kamenných moří). Z názvů (tab. 19) je patrné, že na některých kamenných mořích bylo provedeno více dílčích měření (např. Hvozd 1 a Hvozd 2). Taková kamenná moře byla rozdělena do segmentů dle orientace vůči světovým stranám.

Schmidt hammer testem (sloupec „Průměr R-hodnot“, tab. 19) bylo podrobeno celkem 450 bloků (15 bloků z jednoho testovaného kamenného moře), na nichž bylo dohromady provedeno 11 250 úderů Schmidtovým kladívkem.

Vybrané charakteristiky všech kamenných moří (73 kamenných moří) jsou zobrazeny v tab. 20. Jednotlivá kamenná moře mohou disponovat segmenty s rozdílnými orientacemi vůči světovým stranám (sloupec „Orientace“). Nejnižší položený střed kamenného moře se nachází v nadmořské výšce 295 m n.m., nejvýše položený střed kamenného moře se nachází v nadmořské výšce 780 m n.m.

Tab. 19: Seznam segmentů kamenných moří změřených v terénu s vybranými charakteristikami. Na některých kamenných mořích bylo provedeno více měření, a to díky výskytu segmentů kamenných moří s rozdílnou orientací vůči světovým stranám.

ID	Název	GPS	Orientace	Nadm. výška-střed kamenného moře (m n.m.)	Průměrný sklon (°)	Průměr R-hodnot	Potenciální průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)
1	Hřebeč	50.8355219N, 14.5063881E	S	634	35	37,09	677,1
2	Hvozd 1	50.8230600N, 14.7287361E	V	698	45	38,77	1073,53
3	Hvozd 2	50.8220939N, 14.7244400E	J	689	30	44,43	1149,5
4	Chříbský vrch 1	50.8424711N, 14.4932581E	V	619	35	41,32	1089,77
5	Chříbský vrch 2	50.8414569N, 14.4921061E	J	577	35	43,43	1185
6	Javor 1	50.8226581N, 14.4985181E	Z	544	20	38,32	1058,5
7	Javor 2	50.8236150N, 14.5034850E	V	621	35	38,29	954,23
8	Jedlová 1	50.8572550N, 14.5617139E	V	756	35	40	753,57
9	Jedlová 2	50.8555289N, 14.5574950E	Z	728	40	42,91	1086,3
10	Jedlová 3	50.8550950N, 14.5593350E	J	741	35	43,14	1194,53
11	Jedlová 4	50.8555081N, 14.5608339E	J	746	40	45,27	1194,27
12	Klíč 1	50.7871631N, 14.5698150E	Z	546	35	41,13	1036,57
13	Klíč 2	50.7880919N, 14.5691339E	Z	582	35	25,54	1032,93
14	Klíč 3	50.7900031N, 14.5714619E	S	637	30	34,01	642,27
15	Luž 1	50.8492169N, 14.6445750E	Z	730	30	33,06	760,33
16	Luž 2	50.8498650N, 14.6445569E	Z	732	30	34,49	737,83
17	Malý Stožec	50.8494681N, 14.5369039E	Z	617	30	45,2	763,87
18	Studenec 2	50.8299100N, 14.4494889E	Z	587	30	35,98	1068,43
19	Studenec 3	50.8316461N, 14.4557200E	J	724	28	46,39	1042,33
20	Suchý vrch	50.8206469N, 14.6407139E	S	629	25	35,15	751,37
21	Šenovský vrch 1	50.7817381N, 14.4786669E	Z	565	30	41,39	930,93
22	Velká Tisová	50.8382200N, 14.5490261E	V	657	30	33,25	932,73
23	Kamenec 1	50.7005061N, 14.3515269E	J	453	33	30,22	1167,87
24	Kamenec 3	50.7064389N, 14.3559361E	S	332	30	27,41	623,87
25	Kozlík	50.7442539N, 14.4759650E	J	539	25	43,61	1129,27
26	Králův vrch	50.6792261N, 14.4261569E	Z	534	22	38,35	1023
27	Modrý vrch	50.6799481N, 14.4192881E	Z	435	35	33,05	955,07
28	Poustečna	50.7364019N, 14.4700031E	J	459	30	40,34	1130,57
29	Radečský kopec	50.7146631N, 14.4449931E	J	475	30	42,67	1088,57
30	Zámecký vrch	50.7913689N, 14.4315939E	Z	492	35	40,19	780,63

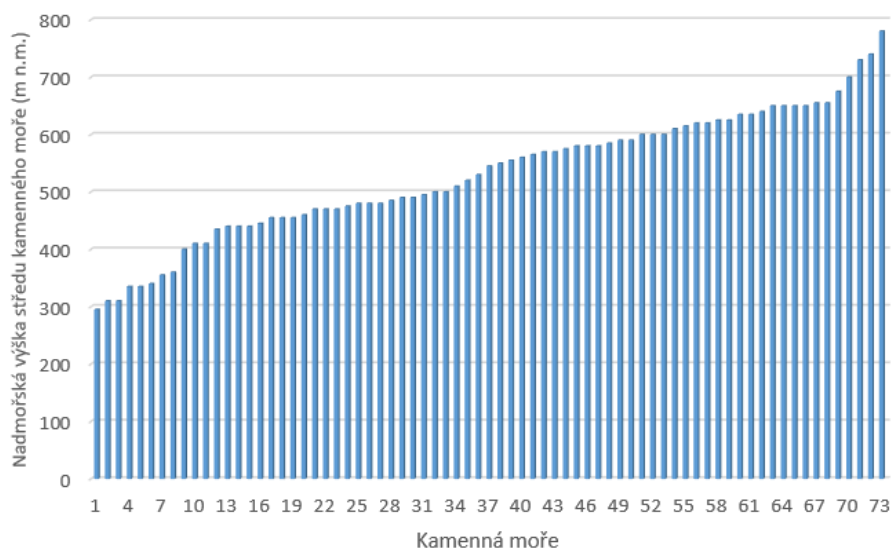
Tab. 20: Seznam všech kamenných moří ve studovaném území s vybranými charakteristikami. Zvýrazněná čísla (tučná s kurzívou) kamenných moří představují moře, kde proběhl Schmidt hammer test. Poloha (souřadnice) kamenného moře byla zjištěna z ortofot (střed kamenného moře) a jednotlivá kamenná moře lze v předkládané práci identifikovat díky sloupci „Číslo kamenného moře“.

Číslo kamenného moře	Lokalita	Souřadnice	Potenciální průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)	Průměrný sklon (°)	Průměr R-hodnot	Orientace	Nadm. výška středu kamenného moře	Plocha (m ²)
1	Klíč	50.7892281N, 14.5709194E	916	32,7	33,9	S, J, Z	600	50 571
2	Kamenec 1	50.7021722N, 14.3550628E	1140,4	24,1	30,2	J	440	70 583
3	Kamenec 3	50.7073664N, 14.3562903E	719,7	24,5	25,8	S, V	335	28 590
4	Jedlová	50.8563867N, 14.5591119E	996,6	24,5	42,8	S, V, J, Z	730	77 892
5	Hřebeč	50.8366078N, 14.5076244E	733,5	30	37,1	S, V	625	9 807
6	Malý Stožec	50.8505200N, 14.5392206E	928,9	31,3	45,2	S, V, J, Z	585	81 282
7	Velká Tisová	50.8391158N, 14.5500636E	950,2	29,6	33,3	V	655	10 131
8	Suchý Vrch	50.8215417N, 14.6418703E	719,5	30	35,1	S, V	620	6 347
9	Luž	50.8492783N, 14.6452239E	946,5	32,7	33,8	S, Z	740	17 055
10	Hvozd	50.8230358N, 14.7279167E	1106,2	29,2	41,6	V, J, Z	700	22 931
11	Králův vrch	50.6801011N, 14.4273303E	993,4	17,1	38,4	Z	530	2 157
12	Modrý vrch	50.6807372N, 14.4205403E	966,7	24,3	33,1	Z	435	4 624
13	Radečský kopec	50.7155581N, 14.4460500E	1039,7	27,4	42,7	J, Z	470	2 147
14	Zámecký vrch	50.7912292N, 14.4318139E	837,6	29,9	40,2	Z	480	3 480
15	Poustevna	50.7373483N, 14.4711122E	1132,2	23,9	40,3	J	455	2 937
16	Kozlí	50.7446906N, 14.4771914E	1128,6	23,1	43,6	J, Z	545	12 484
17	Šenovský vrch 1	50.7826100N, 14.4800850E	971,5	22,4	41,4	J, Z	555	5 146
18	Studenec 2	50.8308183N, 14.4499706E	1047,5	22	38,4	Z	580	35 725
19	Studenec 3	50.8311542N, 14.4536853E	1140,5	26,5	45,9	J, Z	675	24 031
20	Javorník 1	50.8234486N, 14.4996175E	1076,5	24,5	38,3	J, Z	560	12 353
21	Javorník 2	50.8240397N, 14.5037031E	985,1	21,9	38,3	S, V, J	620	12 050
22	Chřibský vrch	50.8424931N, 14.4923542E	958,8	25,5	42,4	S, V, J, Z	600	96 995
23	Studenec 4	50.8348247N, 14.4615528E	852,1	23,8		V	635	5 244
24	Studenec 1	50.8287272N, 14.4559003E	1169,1	20,3		J	580	48 750
25	Šenovský vrch 2	50.7826056N, 14.4812025E	1180,8	26		J	610	6 177

Číslo kamennéh o moře	Lokalita	Souřadnice	Potenciální průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)	Průměrn ý sklon (°)	Průměr R-hodnot	Orientac e	Nadm. výška středu kamennéh o moře	Plocha (m ²)
26	Kamenec 4	50.7055394N, 14.3512444E	675,8	25,6		S, Z	440	2 704
27	Kamenec 2	50.7060797N, 14.3550336E	648,4	29,4		S	400	12 463
28	Malé Březno	50.6719503N, 14.1911094E	1093	35,9		J	340	1 600
29	Stříbrný roh	50.6834903N, 14.2171553E	990,3	30		S, J, Z	510	6 988
30	Zpěvný vrch	50.6831186N, 14.2403342E	941,6	26,4		Z	590	3 035
31	Kočíčí vrch	50.6818314N, 14.2512114E	1183	19,5		J	655	817
32	Vrabinec 1	50.7102564N, 14.2103133E	983	27,4		Z	295	2 282
33	Vrabinec 2	50.7098717N, 14.2114006E	1095,8	35,1		J	310	3 053
34	Babětín 1	50.7066267N, 14.2265511E	1014	39,3		J	360	3 715
35	Babětín 2	50.7031094N, 14.2328336E	851	26,5		Z	335	1 948
36	Chlum	50.7605472N, 14.2319136E	930,4	31,4		V	310	3 569
37	Popovičský vrch	50.7934100N, 14.2838228E	1132,8	27,1		J	475	1 397
38	Veselka 1	50.7728933N, 14.3855778E	616	31,5		S	410	813
39	Veselka 2	50.7713939N, 14.3837750E	713,3	27,2		S	445	1 115
40	Kohout	50.7108747N, 14.3101867E	940,9	11,4		S	565	1 116
41	Karlovka	50.7357133N, 14.3987186E	1041,9	21,3		Z	410	880
42	Dvorský kopec	50.7224061N, 14.4238858E	943,7	12,1		V	500	3 041
43	Nová ves	50.7486436N, 14.4629650E	1031,8	16,8		Z	470	4 953
44	Čachnov	50.7549303N, 14.4665906E	912,3	17,7		Z	520	1 850
45	Vlčí hora	50.7585381N, 14.4803544E	948,8	24,1		Z	635	1 232
46	Češka	50.7594892N, 14.4960319E	1145,5	14,6		J	615	2 416
47	Břidličný vrch	50.8017681N, 14.4577261E	789,6	22,9		S	480	7 159
48	Střední vrch	50.8009192N, 14.4767314E	882,4	37,9		S, V, J, Z	575	11 207
49	Zlatý vrch	50.8217028N, 14.4650528E	884,7	39,8		V, J, Z	650	9 113
50	Javorek	50.8285225N, 14.4704275E	1030,4	23,3		S, V, J, Z	650	74 875

Číslo kamenného moře	Lokalita	Souřadnice	Potenciál i průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)	Průměrný sklon (°)	Průměr R-hodnot	Orientace	Nadm. výška středu kamenného moře	Plocha (m ²)
51	Malá Tisová	50.8386456N, 14.5208128E	969,6	13,9		S, V	590	4 246
52	Spravedlnost	50.8798533N, 14.4666706E	1118,7	28,6		J, Z	490	6 442
53	Široký vrch	50.8878111N, 14.4870103E	959,3	11,9		Z	570	3 631
54	Pěnkavčí vrch	50.8481322N, 14.6108286E	986,6	13,6		S, V, J, Z	780	40 522
55	Čihadlo	50.8396903N, 14.6395458E	1125,8	10,6		J	650	9 445
56	Popova skála	50.8262397N, 14.8134367E	910,1	25,4		V, Z	550	10 003
57	Pískový vrch	50.8132489N, 14.8277775E	861,3	28		S, V	500	2 298
58	Horní skály	50.8137519N, 14.8356550E	960,2	23,2		J	480	3 107
59	Sokol	50.8256119N, 14.5343208E	917,4	19,3		S, V, J	650	5 959
60	Popelová hora	50.8147250N, 14.5598444E	862,7	21,6		S, V, J, Z	640	7 234
61	Rousínovský vrch	50.7998242N, 14.5854419E	1055,3	35,4		V, J	600	6 582
62	Medvědí hůrka	50.7971883N, 14.5317572E	814,9	24,8		S, Z	625	3 579
63	Strážný vrch 1	50.6873358N, 14.3546425E	748,7	25		S	580	616
64	Strážný vrch 2	50.6876281N, 14.3558225E	674,1	29,4		S	570	575
65	Tokaniště	50.6581211N, 14.3572456E	1134,8	26,9		J	440	7 961
66	Starosti	50.6555878N, 14.3559653E	788,9	26,9		S, Z	460	4 028
67	Hamry	50.6592983N, 14.3951356E	832,8	18,5		S, Z	455	2 779
68	Ortles	50.6882206N, 14.4367208E	768,7	39		S, V, J, Z	355	2 526
69	Kozelský hřeben	50.6712314N, 14.4510158E	740	24,9		S	455	6 103
70	Kozel	50.6627264N, 14.4605678E	1110,4	21,7		J	485	6 015
71	Pusté zahrady 1	50.6585631N, 14.4356928E	1115,6	17,5		J	495	3 113
72	Pusté zahrady 2	50.6572981N, 14.4361006E	1106,2	15,7		J	470	3 073
73	Pusté zahrady 3	50.6587806N, 14.4401131E	1125,6	16,4		J	490	21 469

Kamenná moře se rozprostírají v nadmořských výškách od 295 m n.m. do 780 m n.m. Rozložení kamenných moří nenaznačuje výrazné anomálie (obr. 33), je však možné určit výškové kategorie s převládajícím výskytem kamenných moří.



Obr. 33: Rozložení středů kamenných moří vztažených k nadmořské výšce.

Největší počet kamenných moří se nachází v nadmořské výšce 400–600 m n.m (tab. 21).

V rozmezí 400–700 m n.m. se nachází 83,56 % všech kamenných moří.

Tab. 21: Počet středů kamenných moří ve zvolených výškových kategoriích.

Kategorie (m n.m.)	Počet středů kamenných moří
do 300	1
300–400	8
400–500	24
500–600	20
600–700	17
700–800	3

Výsledná odhadovaná mocnost v terénu změřených kamenných moří (22 kamenných moří) vychází v průměru na 20 m (tab. 22). Nejvyšší mocnosti dosahují kamenná moře Klíč a Studenec 3, nejméně mocná kamenná moře jsou Radečský kopec a Velká Tisová.

Tab. 22: Mocnost v terénu měřených jednotlivých kamenných moří.

Číslo kamenného moře	Vrch	Maximální možná mocnost (m)	Odhadovaná mocnost (m)
1	Klíč	134,6	44,9
2	Kamenec 1	85,8	28,6
3	Kamenec 3	54,6	18,2
4	Jedlová	86,4	28,8
5	Hřebec	47,6	15,9
6	Malý Stožec	114,5	38,2
7	Velká Tisová	20,9	7
8	Suchý Vrch	35,5	11,8
9	Luž	50,5	16,8
10	Hvozd	53,7	17,9
11	Králův vrch	13,4	4,5
12	Modrý vrch	31	10,3
13	Radečský kopec	14,2	4,7
14	Zámecký vrch	36,4	12,1
15	Poustečna	29,3	9,8
16	Kozlí	49,7	16,6
17	Šenovský vrch1	35,1	11,7
18	Studenec 2	94,5	31,5
19	Studenec 3	147,7	49,2
20	Javorník 1	76,4	25,5
21	Javorník 2	40,8	13,6
22	Chříbský vrch	68,6	22,9
Průměr		60	20

8.2 Polohové a morfologické charakteristiky rozložení všech kamenných moří ve studovaném území

U celkového počtu 73 kamenných moří bylo v prostředí GIS zjištěno několik základních morfometrických charakteristik (tab. 23 a 24). Kamenná moře zaujímají ve studovaném území plochu o velikosti 974 142 m² (0,17 % z celkové plochy studovaného území) s průměrnou rozlohou jednoho kamenného moře 13 344 m² (tab. 24). Jejich tvar je protáhlý spíše po vrstevnici než po spádnici. Relativní poloha značí, že se kamenná moře v průměru rozprostírají přesně mezi vrcholem a úpatím vrchu, kde se dané moře vyskytuje (51,92 %). Celkem se ve studovaném území nachází (ze 127 segmentů kamenných moří rozdělených dle orientace ke světovým stranám): 30 segmentů kamenných moří orientovaných na sever (23,6 %), 23 segmentů orientovaných na východ (18,1 %), 38 segmentů orientovaných na jih (29,9 %) a 36 segmentů orientovaných na západ (28,4 %).

Tab. 23: Vybrané charakteristiky všech kamenných moří ve studovaném území. Relativní střed kamenného moře značí, kde se nachází střed kamenného moře mezi nejvyšším bodem vrchu a jeho úpatím (0 % úpatí, 100 % vrchol). Relativní poloha značí prostorové umístění kamenného moře mezi vrchem a úpatím (0 % úpatí, 100 % vrchol). Absolutní poloha kamenného moře byla měřena od vrchu do středu kamenného moře. Zvýrazněná čísla (tučná s kurzívou) kamenných moří představují moře, kde proběhl Schmidt hammer test.

Číslo kamenného moře (KM)	Vrch	Relativní střed KM (%)	Relativní poloha KM (%)	Absolutní poloha KM (m)	Délka KM po vrstevnici (m)	Délka KM po spádnici (m)	Rozloha KM (m ²)
1	Klíč	20	0–40	240	474	97	50 571
2	Kamenec 1	35	0–70	224	544	93	70 583
3	Kamenec 3	20	0–40	414	294	87	28 590
4	Jedlová	55	20–90	172	864	90	77 892
5	Hřebeč	75	60–90	47	178	66	9 807
6	Malý Stožec	55	10–100	95	434	235	81 282
7	Velká Tisová	65	40–90	117	140	87	10 131
8	Suchý Vrch	65	30–100	45	78	113	6 347
9	Luž	30	0–60	160	196	110	17 055
10	Hvozd	50	0–100	39	327	72	22 931
11	Králův vrch	60	40–80	92	51	57	2 157
12	Modrý vrch	10	0–20	364	71	98	4 624
13	Radečský kopec	35	20–50	252	76	44	2 147
14	Zámecký vrch	60	40–80	104	62	75	3 480
15	Poustečna	55	40–70	180	49	71	2 937
16	Kozlí	70	50–90	140	125	128	12 484
17	Šenovský vrch I	45	20–70	217	53	124	5 146
18	Studenec 2	35	10–60	427	243	118	35 725

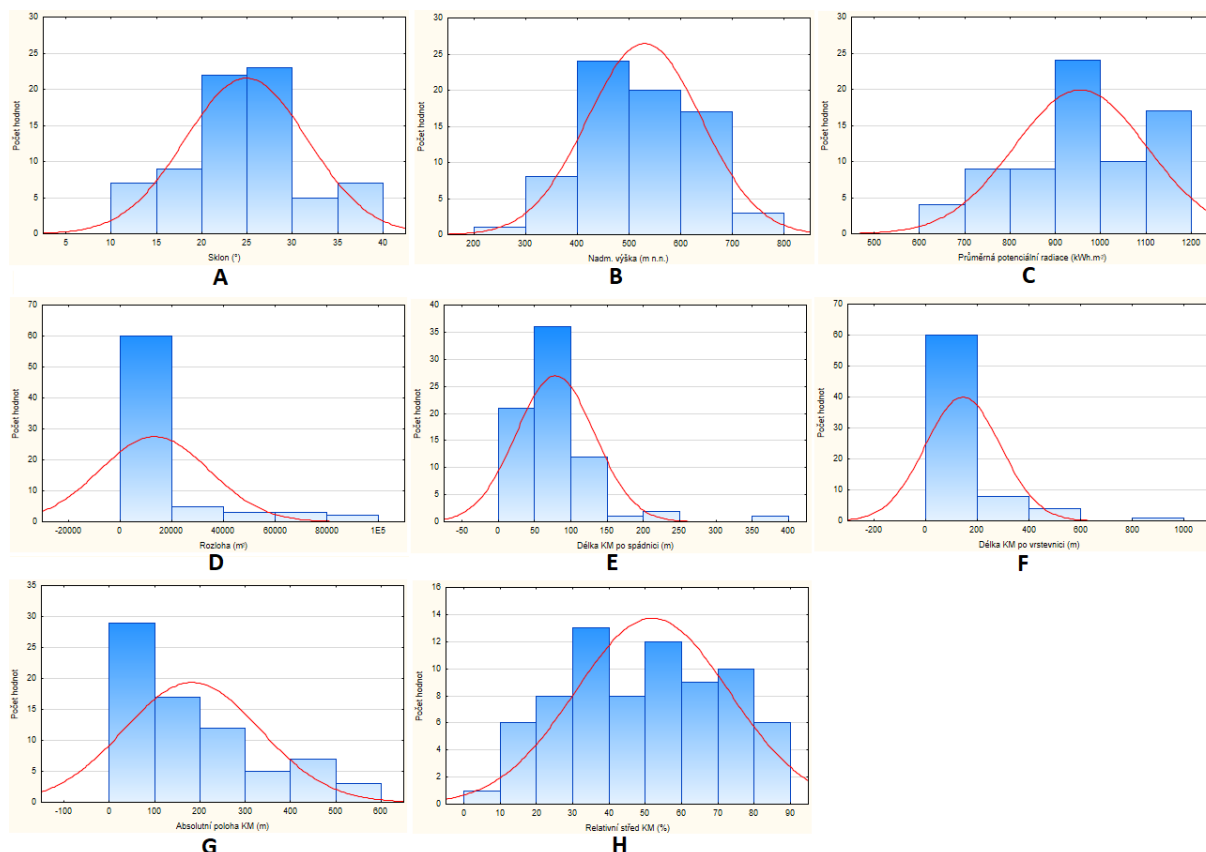
Číslo kamenného moře (KM)	Vrch	Relativní střed KM (%)	Relativní poloha KM (%)	Absolutní poloha KM (m)	Délka KM po vrstevnici (m)	Délka KM po spádnici (m)	Rozloha KM (m ²)
19	Studenec 3	85	70–100	70	389	65	24 031
20	Javorník 1	30	0–60	265	174	88	12 353
21	Javorník 2	60	30–90	99	122	125	12 050
22	Chříbský vrch	65	30–100	20	380	370	96 995
23	Studenec 4	25	10–40	500	132	53	5 244
24	Studenec 1	35	0–70	420	460	140	48 750
25	Šenovský vrch 2	85	70–100	45	114	68	6 177
26	Kamenec 4	60	50–70	246	60	60	2704
27	Kamenec 2	45	30–60	247	166	87	12463
28	Malé Březno	45	30–60	195	46	35	1 600
29	Stříbrný roh	90	80–100	26	132	61	6 988
30	Zpěvný vrch	40	30–50	311	63	53	3 035
31	Kočí vrch	30	20–40	163	30	37	817
32	Vrabinec 1	75	60–90	118	68	42	2 282
33	Vrabinec 2	60	40–80	82	99	41	3 053
34	Babětín1	30	20–40	314	77	59	3 715
35	Babětín2	15	0–30	230	68	35	1 948
36	Chlum	60	50–70	273	97	47	3 569
37	Popovičský vrch	45	30–60	121	45	40	1 397
38	Veselka 1	60	50–70	110	34	28	813
39	Veselka 2	80	70–90	55	40	40	1 115
40	Kohout	35	20–50	171	39	31	1 116
41	Karlovka	90	80–100	29	47	24	880
42	Dvorský kopec	55	40–70	136	79	53	3 041
43	Nová ves	55	40–70	261	107	62	4 953
44	Čachnov	30	20–40	421	29	70	1 850
45	Vlčí hora	80	70–90	155	40	38	1 232
46	Češka	45	20–70	85	59	52	2 416
47	Břidličný vrch	80	60–100	49	76	104	7 159
48	Střední vrch	85	70–100	20	126	110	11 207
49	Zlatý vrch	65	30–100	2	172	59	9 113
50	Javorek	65	30–100	20	367	232	74 875
51	Malá Tisová	80	60–100	39	50	109	4 246
52	Spravedlnost	70	40–100	70	109	73	6 442
53	Široký vrch	40	10–70	100	118	34	3 631
54	Pěnkavčí vrch	75	50–100	22	290	169	40 522
55	Čihadlo	50	30–70	146	138	65	9 445

Číslo kamenného moře (KM)	Vrch	Relativní střed KM (%)	Relativní poloha KM (%)	Absolutní poloha KM (m)	Délka KM po vrstevnici (m)	Délka KM po spádnicí (m)	Rozloha KM (m ²)
56	Popova skála	80	60–100	58	138	87	10 003
57	Pískový vrch	85	70–100	28	90	35	2 298
58	Horní skály	35	20–50	270	116	31	3 107
59	Sokol	75	50–100	50	89	80	5 959
60	Popelová hora	65	30–100	31	66	131	7 234
61	Rousínovský vrch	75	50–100	159	127	63	6 582
62	Medvědí hůrka	35	20–50	204	112	37	3 579
63	Strážný vrch 1	45	20–70	38	28	23	616
64	Strážný vrch 2	20	0–40	51	26	25	575
65	Tokaniště	30	10–50	525	95	109	7 961
66	Starosti	20	10–30	542	67	62	4 028
67	Hamry	40	20–60	175	53	63	2 779
68	Ortles	70	40–100	24	87	32	2 526
69	Kozelský hřeben	20	10–30	555	139	41	6 103
70	Kozel	35	20–50	337	114	69	6 015
71	Pusté zahrady 1	40	30–50	361	46	72	3 113
72	Pusté zahrady 2	25	20–30	475	56	65	3 073
73	Pusté zahrady 3	35	20–50	485	241	87	21 469

Tab. 24: Vybrané charakteristiky všech zaznamenaných kamenných moří (73) ve studovaném území a jejich průměrné hodnoty.

Nadmořská výška (m n.m.)	Sklon (°)	Relativní poloha (%)	Absolutní poloha (m)	Dálka po vrstevnici (m)	Délka po spádnicí (m)	Rozloha (m ²)
529,93	24,93	51,92	182,64	145,08	78,58	13 344

Rozložení hodnot: sklonu, nadmořské výšky, potenciální průměrné roční radiace, rozlohy, délky kamenného moře po spádnicí, délky kamenného moře po vrstevnici, absolutní polohy kamenného moře a relativního středu kamenného moře (obr. 34) nevykazovalo normální rozdělení hodnot. Na zmíněný soubor hodnot byla aplikována transformace Box-Cox (Statistica, 2017) pro pozdější analýzu vztahů mezi proměnnými.



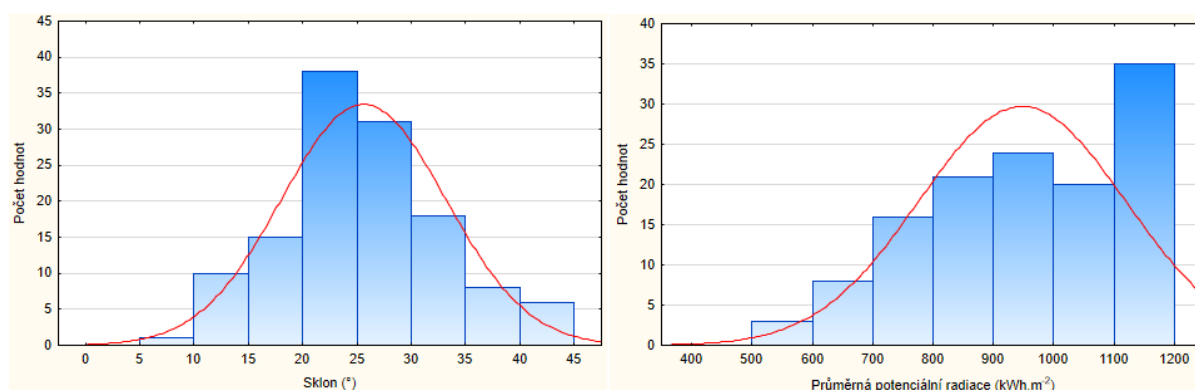
Obr. 34: Rozložení hodnot za pomoci popisné statistiky pro sklon (A), nadmořskou výšku (B), potenciální průměrnou roční radiaci (C), rozlohu (D), délku kamenného moře po spádnicí (E), délku kamenného moře po vrstevnici (F), absolutní polohu kamenného moře (G) a relativní střed kamenného moře (H). Hodnoty byly použity jako průměry pro celá kamenná moře (73 šetření).

Vybrané charakteristiky kamenných moří (tab. 25) vykazují v rámci studovaného území značné rozptyly hodnot. Největší kamenné moře je téměř 200x větší než nejmenší kamenné moře. Extrémnějších délkových hodnot dosahují kamenná moře spíše ve směru po vrstevnici než po spádnicí. Nejširší kamenné moře ve směru vrstevnic je více než dvakrát větší oproti nejdelšímu kamennému moři ve směru po spádnicí. Průměrné kamenné moře se rozprostírá v nadmořské výšce necelých 530 m n.m. o rozloze 13 344 m² a se sklonem téměř 25°. Většina kamenných moří ve studovaném území dosahují sklonu mezi 20°–30° (obr. 34, A). Střed průměrného kamenného moře se vyskytuje téměř přesně mezi vrcholem a úpatím vrchu, kde se kamenné moře nachází. V průměru přijímá kamenné moře ve studovaném území 955,42 kWh.m⁻² potenciální průměrné roční radiace. Při porovnání s rozložením hodnot vybraných charakteristik (obr. 34) lze konstatovat, že se největší počet kamenných moří vyskytuje do 100 m (obr. 34, G) od vrcholu daného vrchu, kde se kamenné moře rozprostírá. Většina kamenných moří nedosahuje rozlohy větší než 20 000 m² (obr. 34, D) a s průměrnou šířkou ve směru po vrstevnici do 200 m (obr. 34, F).

Tab. 25: Základní charakteristiky vybraných proměnných pro všechna kamenná moře ve studovaném území (73 šetření).

	Relativní střed (%)	Absolutní poloha (m)	Délka KM po vrstevnici (m)	Délka KM po spádnicí (m)	Rozloha (m ²)	Nadm. výška (m n.m.)	Sklon (°)	Potenciální průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)
Minimum	10	2	26	23	575	295	10,6	616
Maximum	90	555	864	370	96 995	780	39,8	1183
Průměr	51,92	182,64	145,08	78,58	13 344	529,93	24,93	955,42

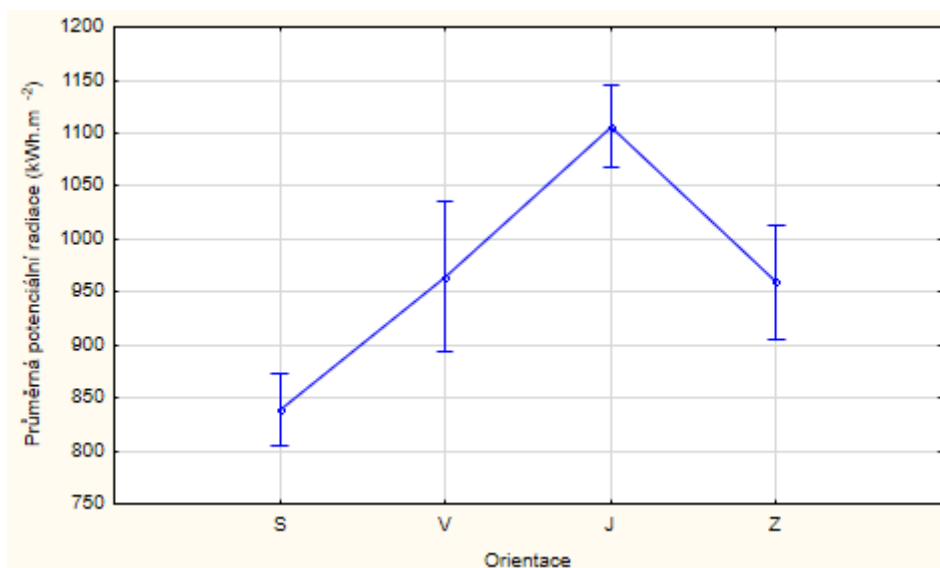
Rozložení hodnot vybraných charakteristik (obr. 35) jednotlivých segmentů kamenných moří nevykazovalo u proměnné „průměrné potenciální radiace“ normální rozložení hodnot. Dané hodnoty nebyly později použity pro korelační vztahy, nebylo u nich tedy zapotřebí transformací.



Obr. 35: Rozložení hodnot průměrných sklonů a potenciálních průměrných ročních radiací. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření) (Statistica, 2017).

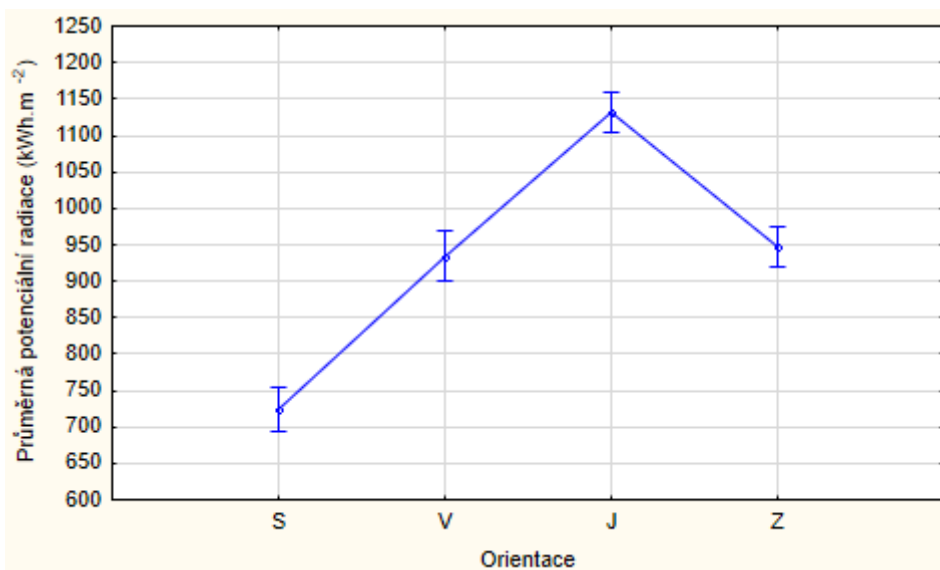
8.2.1 Korelace a jednocestná analýza rozptylu hodnot vybraných charakteristik všech kamenných moří ve studovaném území

Signifikantní rozdíl lze shledat v příjmu potenciální průměrné roční radiace mezi severně orientovanými kamennými moři a všemi ostatními a mezi jižně orientovanými moři a všemi ostatními (obr. 36). Jižně orientovaná kamenná moře mají nejvyšší příjem potenciální průměrné roční radiace. Naopak nejnižší příjem potenciální průměrné roční radiace mají severně orientovaná kamenná moře. Tento výsledek, a především vztah mezi severně a jižně orientovanými kamennými moři, byl předpokládán. Daný vztah byl zmíněn již při hodnocení příjmu sluneční energie ve studovaném území (kap. 6.3.4).



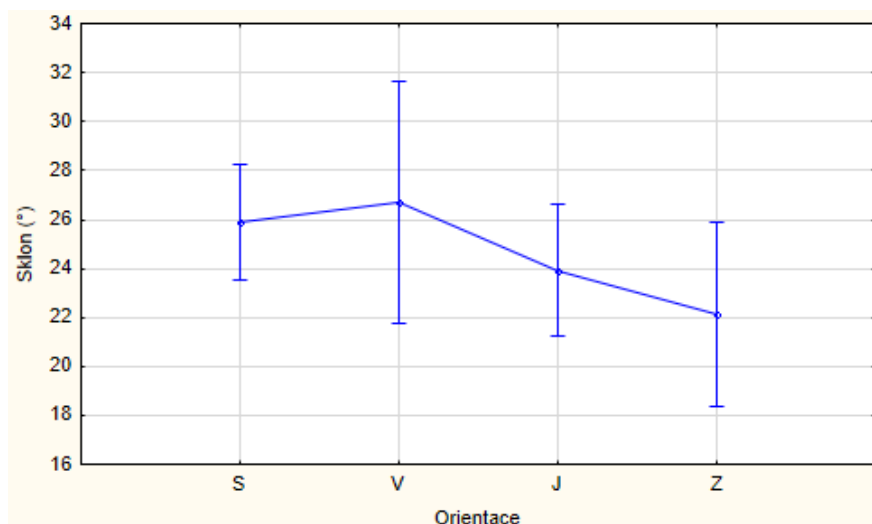
Obr. 36: Potenciální průměrná roční radiace kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro celá kamenná moře (73 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p = 0,00000$; $F(3, 68) = 35,179$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Podobný vztah jako byl zjištěn pro kamenná moře jako celek platí i v případě, kdy jsou řešeny jednotlivé segmenty všech kamenných moří ve studovaném území (obr. 37).



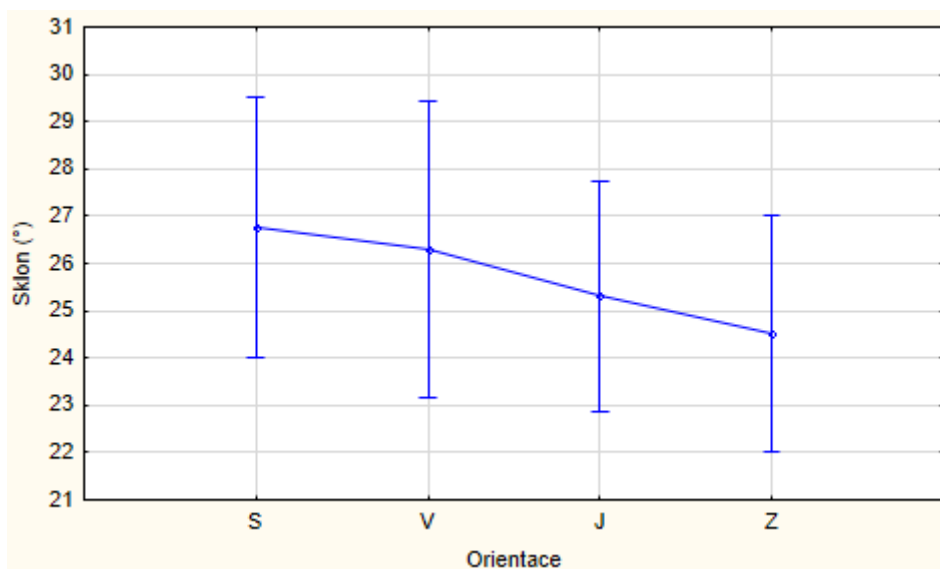
Obr. 37: Potenciální průměrná roční radiace segmentů všech kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty (dle orientace ke světovým stranám) všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p = 0,00000$; $F(3, 123) = 133,82$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Mezi sklonem a orientací kamenného moře ke světovým stranám nelze jednoznačně určit signifikantní rozdíl (obr. 38). Největší rozptyl hodnot mají kamenná moře s východní orientací. Nejnížší hodnoty sklonu pak lze nalézt u kamenných mořích se západní orientací.



Obr. 38: Průměrný sklon kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro všechna kamenná moře ve studovaném území (73 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p = 0,28376$; $F(3, 68) = 1,2934$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Podobný vztah jako byl zjištěn pro kamenná moře jako celek platí i v případě, kdy jsou řešeny jednotlivé segmenty kamenných moří. Segmenty kamenných moří orientovaných na západ mají nejnižší průměrnou míru sklonitosti (obr. 39) s tím, že průměrné nejstrmější části kamenných moří jsou orientovány na sever. Mezi jednotlivými hodnotami však nelze určit signifikantní rozdíl.



Obr. 39: Průměrný sklon segmentů všech kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p = 0,63734$; $F(3, 123) = 0,56767$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Signifikantní korelace byly zjištěny mezi rozlohou kamenných moří a délkou a šířkou kamenných moří s tím, že vyšší míru korelace vykazuje rozloha s šířkou kamenných moří (tab. 26).

Mezi sklonem kamenného moře a potenciální průměrnou roční radiací existuje signifikantní korelace. Bylo zjištěno, že čím má kamenné moře větší sklon, tím má menší potenciální průměrnou roční radiaci.

Signifikantní korelace existuje také mezi nadmořskou výškou a rozlohou kamenného moře. Bylo zjištěno, že čím se kamenné moře rozkládá ve vyšší nadmořské výšce, tím má větší rozlohu.

Tab. 26: Korelační matice vybraných charakteristik všech kamenných moří (73 šetření) ve studovaném území. Data vybraných charakteristik prošla Box-Cox transformací, neboť nevykazovala normální rozdělení dat. Počítáno s hladinou významnosti $p=0,05$.

	Relativní střed KM	Absolutní poloha KM	Délka KM po vrstevnici	Délka KM po spádnicí	Rozloha KM	Nadm. výška	Sklon	Potenciální průměrná roční radiace
Relativní střed KM	1,0000	-0,7432	0,0473	0,0940	0,0433	0,1769	0,1324	-0,0025
Absolutní poloha KM	-0,7432	1,0000	-0,0099	-0,0183	0,0116	-0,3317	-0,2055	0,1466
Délka KM po vrstevnici	0,0473	-0,0099	1,0000	0,5994	0,9329	0,3143	0,1353	0,1939
Délka KM po spádnicí	0,0940	-0,0183	0,5994	1,0000	0,8333	0,3686	-0,0663	0,1920
Rozloha KM	0,0433	0,0116	0,9329	0,8333	1,0000	0,3741	0,0478	0,2097
Nadm. výška	0,1769	-0,3317	0,3143	0,3686	0,3741	1,0000	-0,2206	0,1287
Sklon	0,1324	-0,2055	0,1353	-0,0663	0,0478	-0,2206	1,0000	-0,2559
Potenciální průměrná roční radiace	-0,0025	0,1466	0,1939	0,1920	0,2097	0,1287	-0,2559	1,0000

Signifikantní korelace existuje také mezi sklonem a potenciální průměrnou roční radiací v segmentech kamenných moří (127 segmentů). Korelace je statisticky signifikantní ($p=0,002109$, korelace = -0,2702) na hladině významnosti 5 % (zjištěno za pomoci Spearmanova korelačního koeficientu). Lze tedy prohlásit, tak jako při šetření celých kamenných moří, že čím má kamenné moře větší sklon, tím má menší potenciální průměrnou roční radiaci.

8.3 Polohové charakteristiky rozložení a jednocestná analýza rozptylu hodnot v terénu změřených segmentů kamenných moří

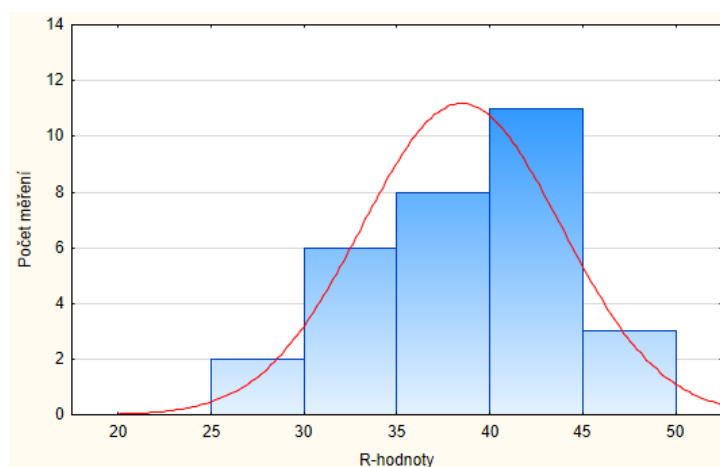
8.3.1 R-hodnoty

V rámci 30 v terénu změřených segmentů kamenných moří byl rozptýl průměrných R-hodnot segmentů kamenných moří mezi 25,54–46,39. Tedy průměr všech změřených R-hodnot v rámci segmentu kamenného moře byl u nejvíce zvětralého segmentu 25,54 a u nejméně zvětralého segmentu 46,39. Průměrný segment kamenného moře ve studovaném území dosahuje R-hodnoty 38,5.

Nejzvětřalejší kamenný blok na kamenném moři vykázal R-hodnotu 17,95 a nejtvrdší blok 56,7 v rámci všech provedených měření (úderů Schmidtova kladívka).

Dle terénního šetření lze říci, že rozptýl R-hodnot na jednotlivých kamenných blocích byl ovlivněn především povrchem bloku. Jestliže blok vykazoval po vizuální stránce hladký, jednolitý povrch, byl výsledný rozptýl R-hodnot (rozptýl 25 provedených úderů) menší než u bloku jehož povrch byl místy pokryt vegetací (kde nebylo měřeno) nebo různými výčnělky a propadlinami.

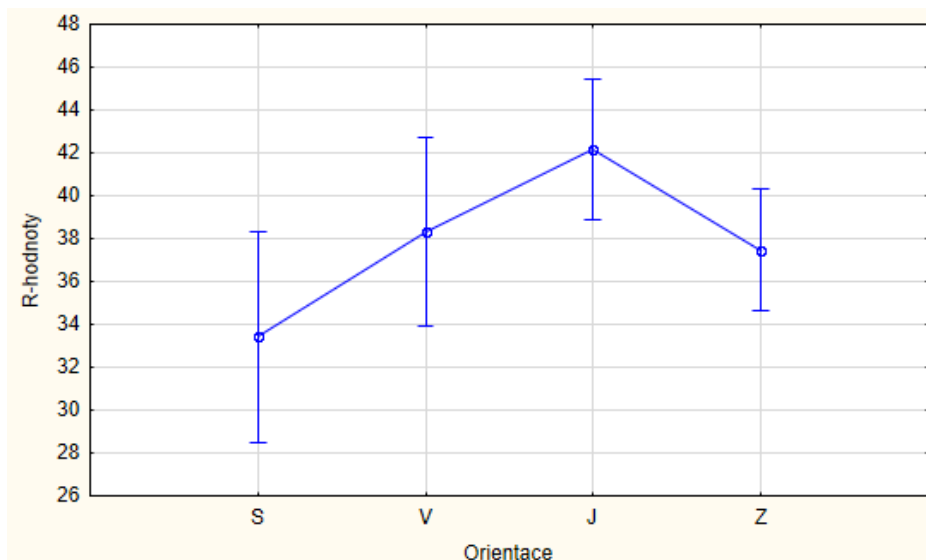
Rozložení dat R-hodnot vykazuje v rámci změřených segmentů normální rozdělení dat (obr. 40). Největší počet segmentů kamenných moří spadá do rozmezí R-hodnot mezi 40–45. Do skupiny R-hodnoty 40–45 tedy spadají takové segmenty, kde průměr všech R-hodnot v rámci daného segmentu dosahuje hodnoty v rozmezí 40–45.



Obr. 40: Rozložení hodnot průměrných R-hodnot kamenných moří, naměřených Schmidtovým kladívkem v rámci 30 segmentů kamenných moří. Shapiro-Wilk $W = 0,95078$, $p = 0,17735$. Kolmogorov-Smimov $d = 0,11918$ (Statistica, 2017).

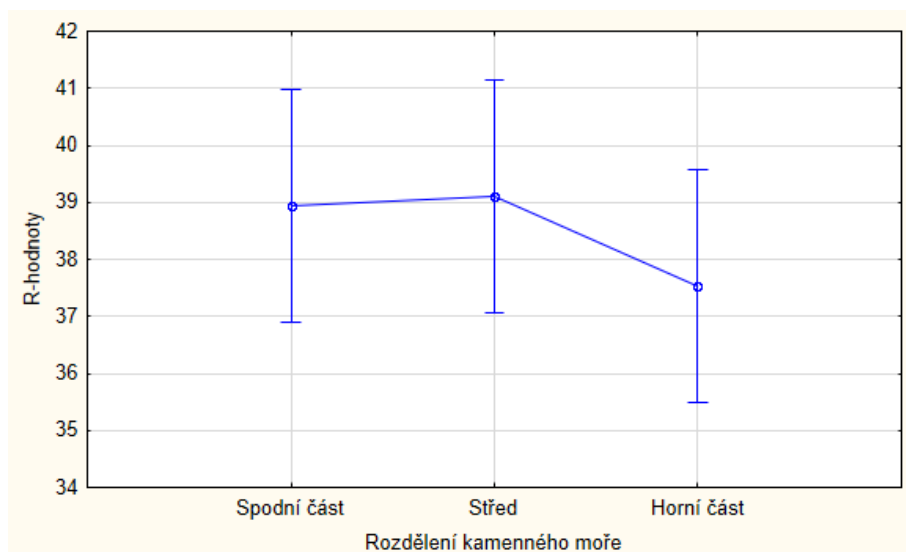
Signifikantní rozdíl R-hodnot existuje mezi severně a jižně orientovanými segmenty kamenných moří (obr. 41). Nejnížší R-hodnoty byly naměřeny na blocích severně

orientovaných segmentech kamenných moří, naopak nejvyšší R-hodnoty měly bloky na jižně orientovaných segmentech kamenných moří.



Obr. 41: Průměrné R-hodnoty segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,02307$; $F(3,26) = 3,7523$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

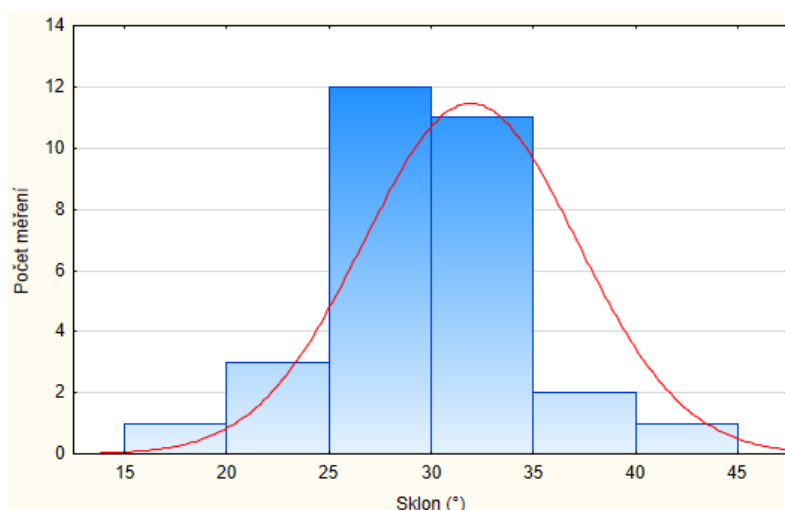
Nejnižší R-hodnoty se nacházejí v horních částech kamenných moří (obr. 42).



Obr. 42: Velikost průměrných R-hodnot v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,49898$; $F(2,87) = 0,70077$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

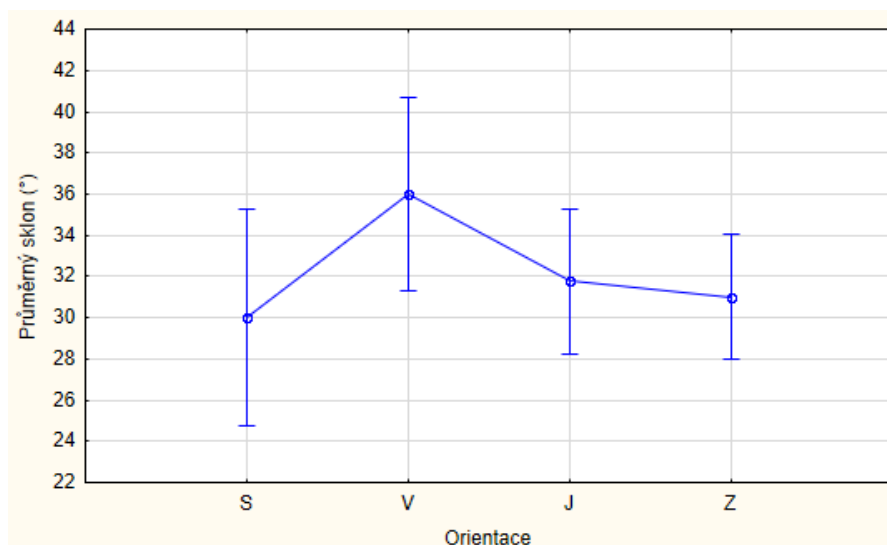
8.3.2 Sklon

Soubor hodnot proměnné sklonu segmentů kamenných moří vykazuje normální rozložení (obr. 43). Většina segmentů kamenných moří spadá do rozmezí sklonitosti 25° – 35° .



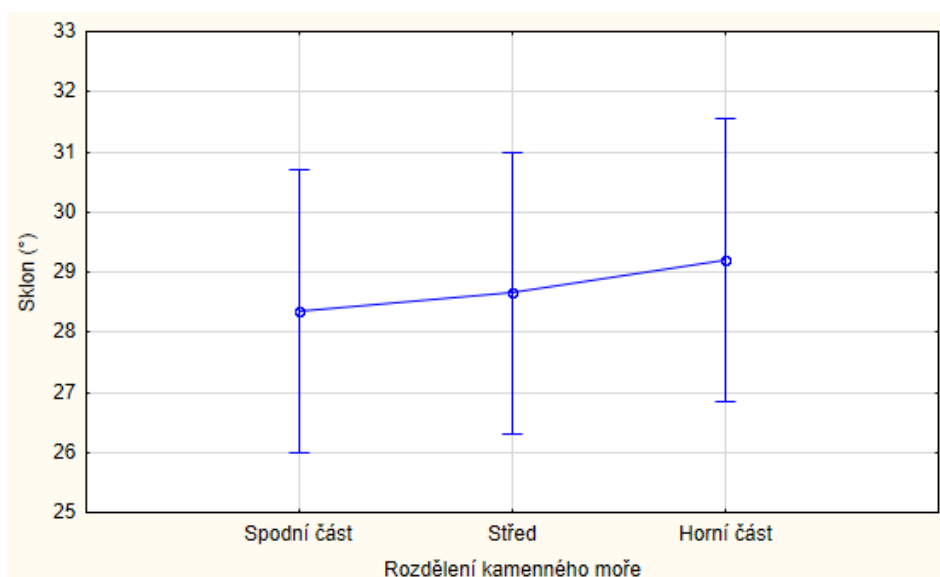
Obr. 43: Rozložení hodnot průměrných sklonů kamenných moří v rámci 30 v terénu šetřených segmentů. Shapiro-Wilk $W = 0,92691$, $p = 0,04066$. Kolmogorov-Smimov $d = 0,18886$ (Statistica, 2017).

Mezi průměrným sklonem a orientací segmentů kamenných moří ke světovým stranám nelze jednoznačně určit signifikantní rozdíl (obr. 44). Nejvyšší sklonitost mají segmenty kamenných moří orientovaných na východ. Daná statistická analýza může být ovlivněna tím, že z 30 šetřených segmentů kamenných moří bylo 5 orientováno na východ (méně než $\frac{1}{4}$).



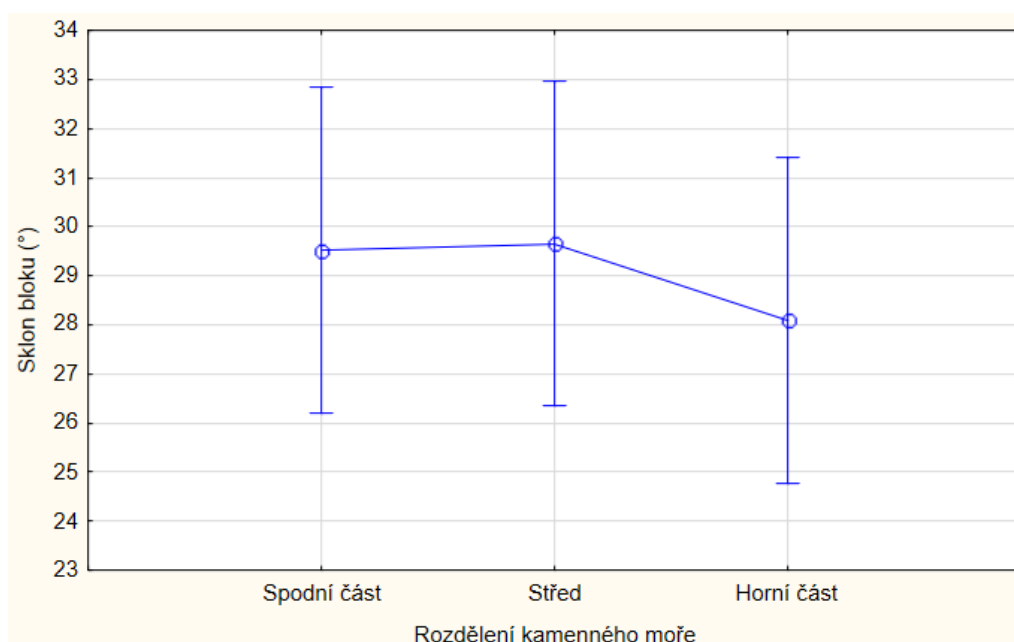
Obr. 44: Průměrný sklon segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p = 0,27176$; $F(3,26) = 1,3773$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Horní části v terénu změřených segmentů kamenných moří mají nejvyšší sklonitost, naopak nejnižší sklonitost mají spodní části segmentů v terénu změřených kamenných moří (obr. 45). Rozdíly mezi sklony však nejsou výrazné.



Obr. 45: Velikost průměrných sklonů kamenných moří v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,87432$; $F(2,87) = 0,13451$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

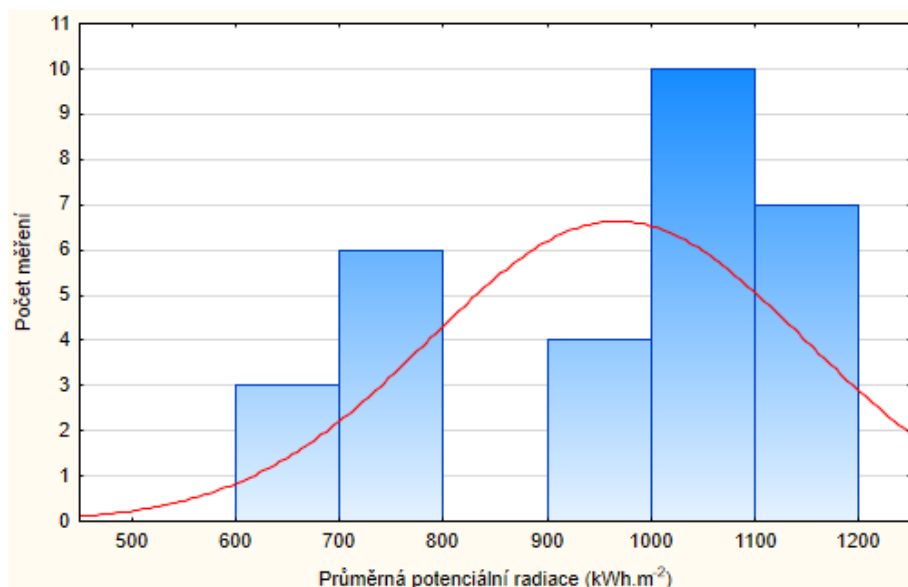
Při šetření jednotlivých kamenných bloků v kamenných mořích se ukázalo, že kamenné bloky vykazují v horních částech segmentů kamenných moří nejnižší sklonitost (obr. 46).



Obr. 46: Velikost průměrných sklonů kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Byly použity hodnoty jednotlivých změřených bloků šetřených segmentů kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,77092$; $F(2,447) = 0,26032$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

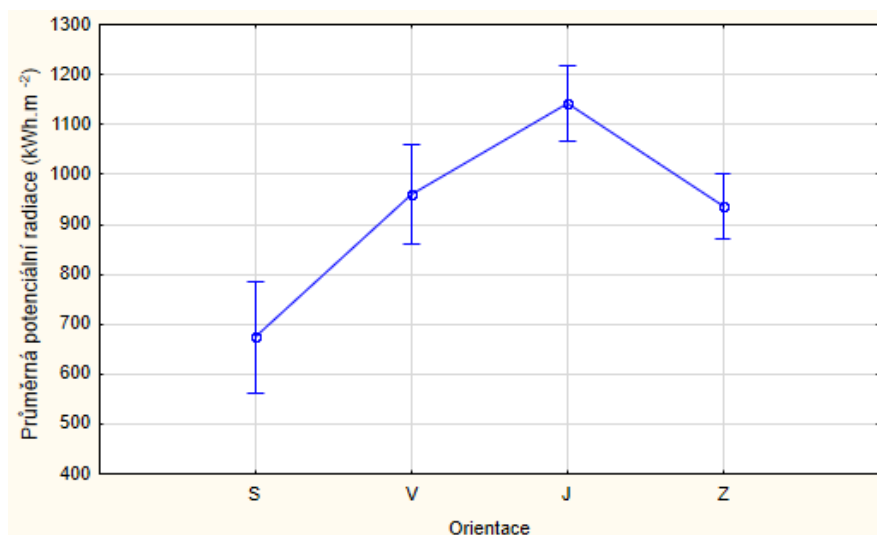
8.3.3 Potenciální průměrná roční radiace

Provedené testy normality ukázaly, že soubor dat potenciální průměrné roční radiace nedosahuje normálního rozdělení hodnot (obr. 47), a proto byl při analýze korelace využit Spearmanův korelační koeficient.



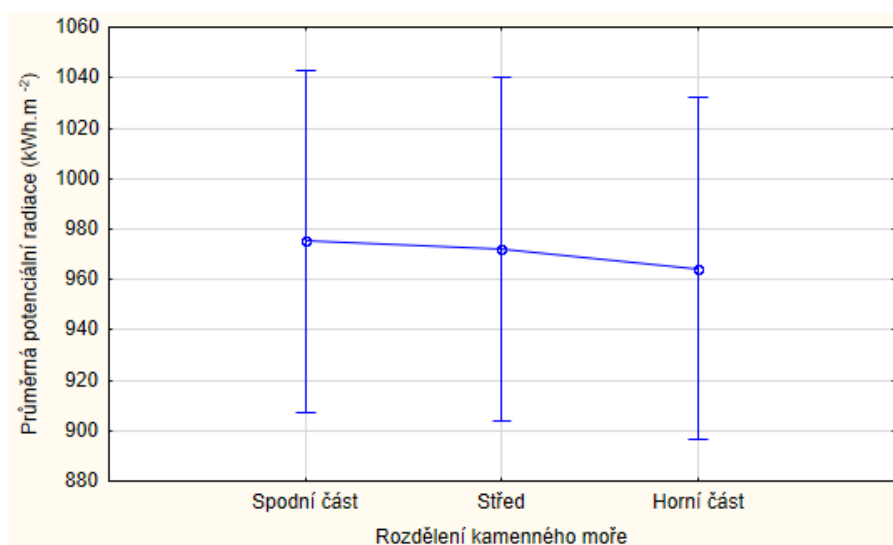
Obr. 47: Rozložení hodnot potenciální průměrné roční radiace kamenných moří v rámci 30 v terénu šetřených segmentů. Shapiro-Wilk $W = 0,89745$, $p = 0,00728$. Kolmogorov-Smimov $d = 0,18826$ (Statistica, 2017). Transformovaná data mají po použití Spearmanova korelačního koeficientu rovnoměrné rozložení hodnot.

Signifikantní rozdíl lze sledovat v příjmu potenciální průměrné roční radiace mezi severně orientovanými segmenty kamenných moří a všemi ostatními a mezi jižně orientovanými segmenty kamenných moří a všemi ostatními (obr. 48). Jižně orientované segmenty kamenných moří mají nejvyšší příjem potenciální průměrné roční radiace. Naopak nejnižší příjem potenciální průměrné roční radiace mají severně orientované segmenty kamenných moří. Tento výsledek, a především vztah mezi severně a jižně orientovanými segmenty, byl předpokládán. Podobný vztah byl zjištěn i v případě, kdy byla řešena celá kamenná moře ve studovaném území, a to i v případě, kdy byly řešeny segmenty všech kamenných moří ve studovaném území.



Obr. 48: Potenciální průměrná roční radiace segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00000$; $F(3,26) = 19,371$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

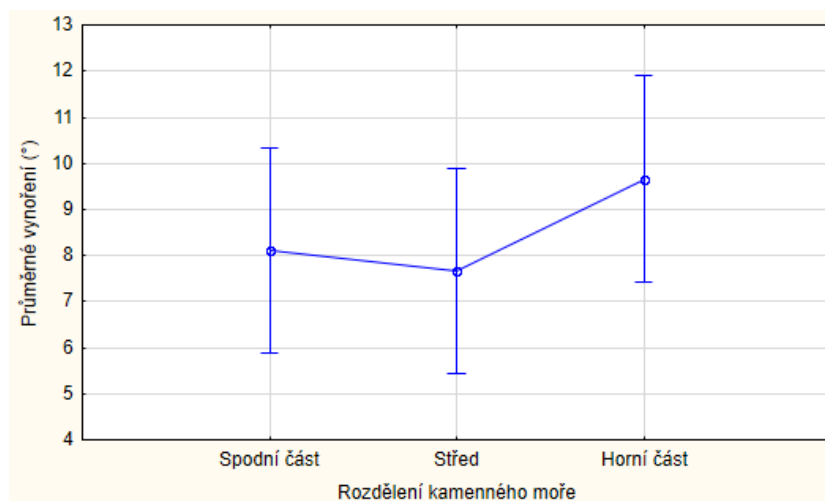
Nejvyšší míru příjmu potenciální průměrné roční radiace mají spodní části kamenných moří. Mezi jednotlivými částmi však nejsou výrazné rozdíly (obr. 49).



Obr. 49: Velikost potenciální průměrné roční radiace v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,97337$; $F(2,87) = 0,02700$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

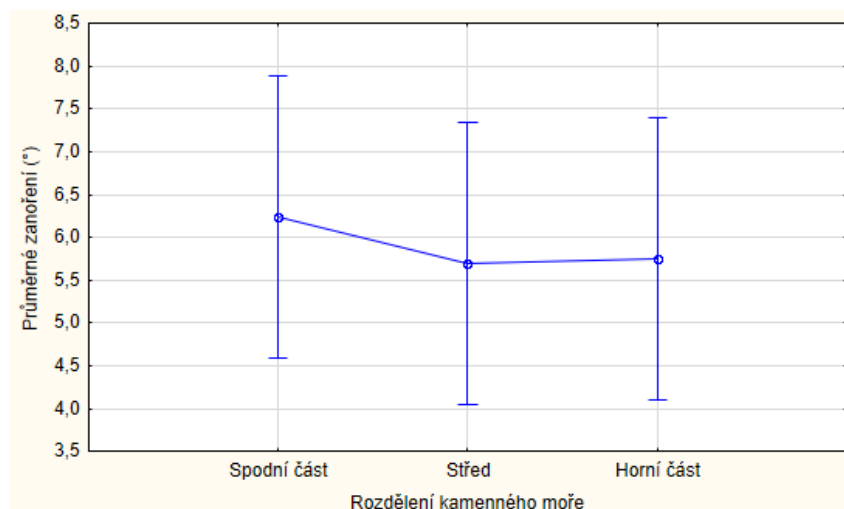
8.3.4 Vynořené/zanořené bloky

Kamenné bloky vykazující vyšší intenzitu vynoření (sklon bloku je nižší než sklon kamenného moře) se nacházejí ve větší míře v horní třetině šetřených segmentů kamenných moří (obr. 50).



Obr. 50: Velikost průměrného vnoření kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,63709$; $F(2,87) = 0,45319$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Kamenné bloky vykazující vyšší intenzitu zanoření (sklon bloku je větší než sklon kamenného moře) se nacházejí ve větší míře ve spodní třetině kamenných moří (obr. 51).



Obr. 51: Velikost průměrného zanoření kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,92164$; $F(2,87) = 0,08168$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Protože závislosti vnoření / zanoření bloků v jednotlivých třetinách kamenných moří byly provedeny na zprůměrovaných datech pro jednotlivé třetiny, jsou v tab. 27 zobrazeny absolutní počty vnořených / zanořených bloků. Celkově se v kamenných mořích nacházejí bloky spíše vnořené než zanořené (tab. 27), přičemž střední oblast segmentů kamenných moří je na počty

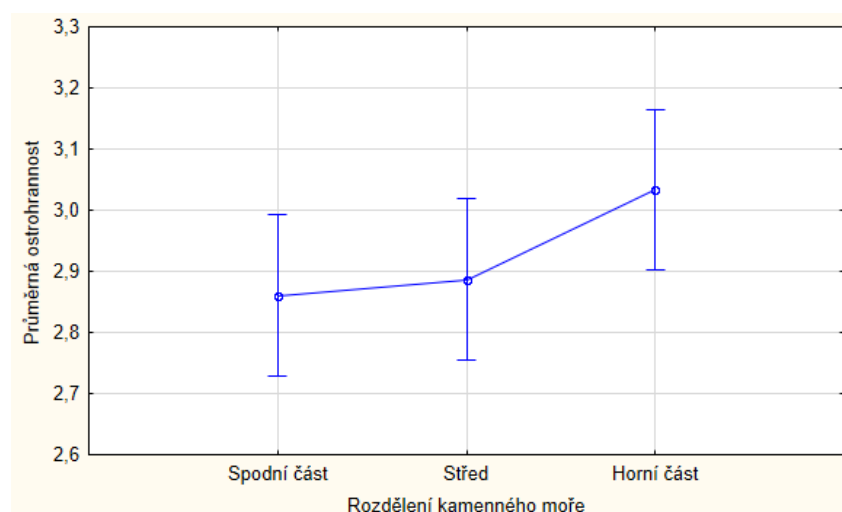
vynořených a zanořených bloků vyrovnaná, spodní a horní část kamenných moří vykazuje převahu vynořených bloků.

Tab. 27: Absolutní počty vynořených bloků, zanořených bloků a počty případů se shodností sklonu bloku se sklonem svahu v jednotlivých třetinách v terénu šetřených segmentů kamenných moří.

	Počet vynořených bloků	Počet zanořených bloků	Počet případů se shodností sklonu bloku se sklonem svahu
Spodní část	70	55	25
Střed	65	63	22
Horní část	73	54	23

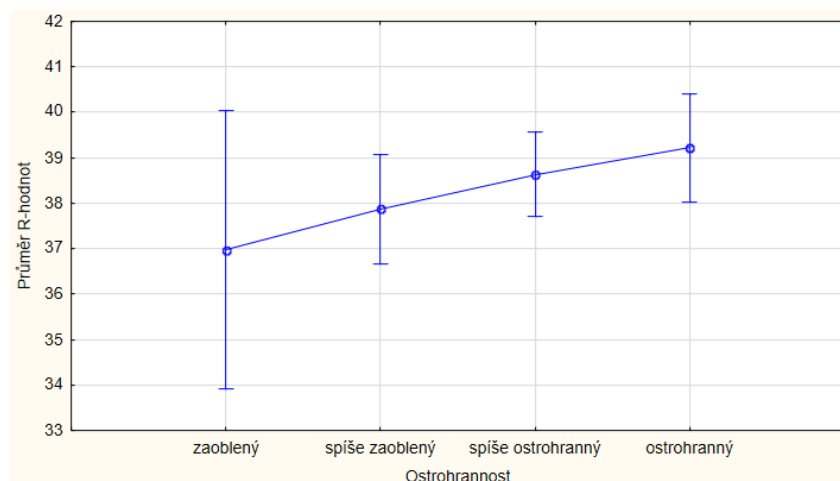
8.3.5 Ostrohrannost kamenných bloků

Ostrohrannost kamenných bloků se se vzrůstem nadmořské výšky v rámci kamenných moří zvyšuje (obr. 52). V horní třetině kamenných moří je ostrohrannost kamenných bloků znatelně vyšší než ve zbylých dvou třetinách.



Obr. 52: Velikost průměrné ostrohrannosti kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,14574$; $F(2,447) = 1,9343$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

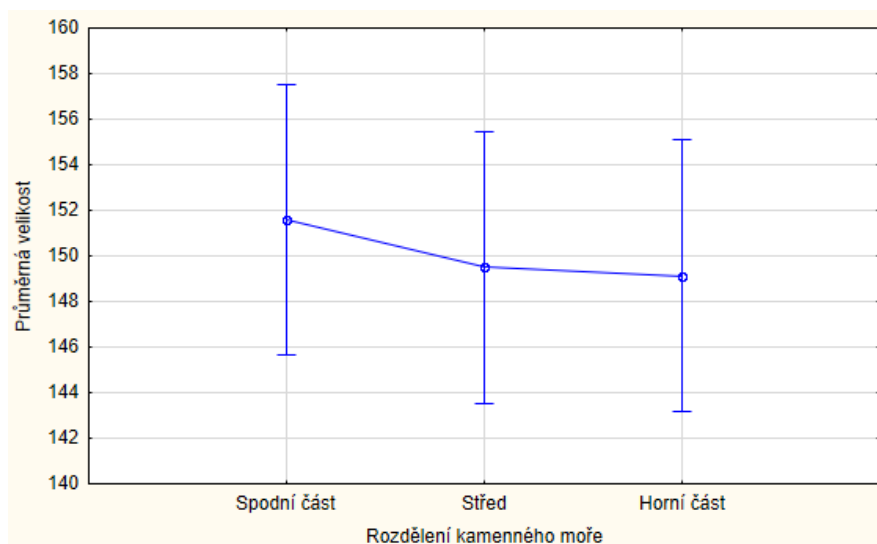
Průměrné R-hodnoty kamenných bloků rostou s mírou ostrohrannosti kamenných bloků kamenných moří (obr. 53). Zaoblené kamenné bloky vykazují nejvyšší rozpětí R-hodnot, ostrohranné bloky vykazují nejvyšší změřené průměrné R-hodnoty.



Obr. 53: Velikost průměrných R-hodnot podle stupně ostrohranosti kamenných bloků v jednotlivých segmentech kamenných moří. R-hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu změřené kamenné bloky kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,31812$; $F(3,446) = 1,1768$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

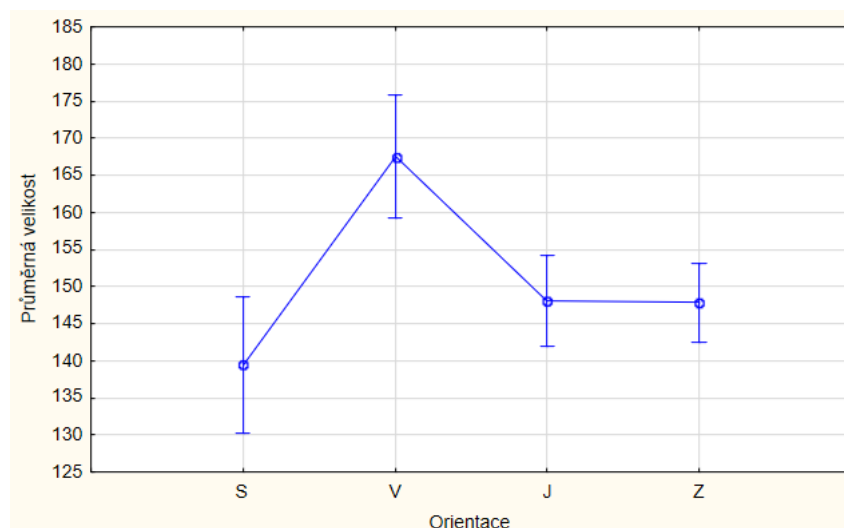
8.3.6 Velikost bloků

Ve spodních částech kamenných moří se vyskytují větší kamenné bloky, než v částech horních (obr. 54). Tato skutečnost podporuje teorii gravitačního třídění bloků kamenných moří, kde se největší kamenné bloky nacházejí ve spodních částech kamenného moře.



Obr. 54: Průměrná velikost kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,82521$; $F(2,447) = 0,19220$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

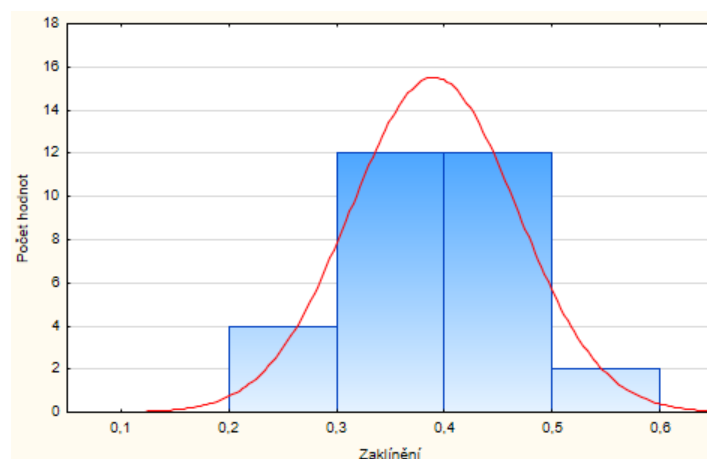
Největší kamenné bloky kamenných moří se nacházejí na svazích orientovaných na východ (obr. 55). Signifikantní rozdíl velikosti kamenných bloků existuje mezi segmenty kamenných moří na svazích orientovaných na východ a všemi ostatními.



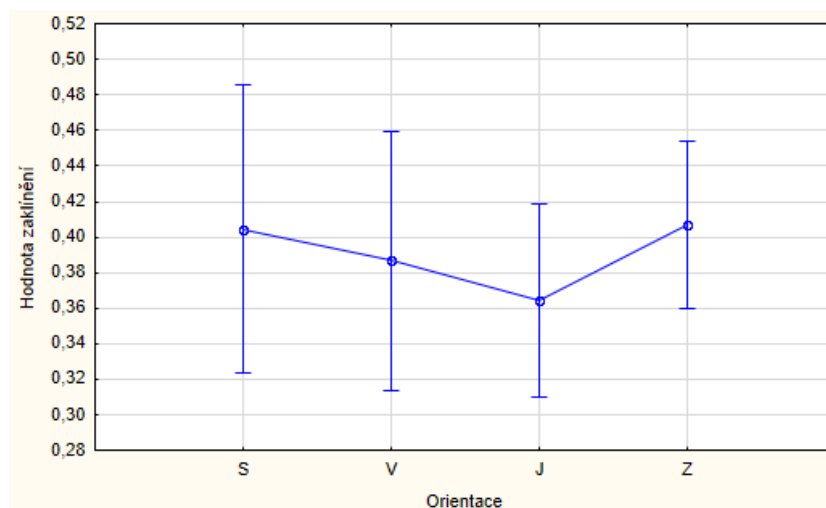
Obr. 55: Průměrná velikost kamenných bloků v rámci segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00004$; $F(3,446) = 7,8857$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

8.3.7 Zaklínění kamenných bloků

Soubor hodnot zaklínění kamenných bloků má normální rozdělení (obr. 56). Kamenné bloky v rámci kamenných moří orientovaných na sever vykazují nejvyšší rozptyl hodnot zaklínění, naopak kamenné bloky v rámci kamenných moří orientovaných na západ vykazují hodnoty zaklínění s nejnižším rozptylem hodnot (obr. 57).



Obr. 56: Rozložení hodnot pro průměrné zaklínění kamenných bloků v rámci 30 v terénu šetřených segmentů kamenných moří. Shapiro-Wilk $W = 0,96986$, $p = 0,53543$ (Statistica, 2017).



Obr. 57: Hodnota průměrného zaklínění kamenných bloků v rámci segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,66114$; $F(3,26) = 0,53693$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

Zaklíněné bloky lze nalézt spíše v horní a spodní části kamenných moří, ve středu kamenných moří vykazují bloky nižší míru zaklínění (obr. 58). Střed kamenných moří tak může představovat oblast zvýšené aktivity kamenných bloků v pohybu po svahu dolů.



Obr. 58: Hodnota průměrného zaklínění kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,88271$; $F(2,87) = 0,12494$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.

8.4 Potenciální rozdělení v terénu změřených segmentů kamenných moří do skupin

Segmenty kamenných moří, kde proběhlo měření pomocí Schmidtova kladívka, byly podrobeny shlukové analýze (obr. 59) v programu SPSS (v.20, IBM, 2016) dle vybraných parametrů: potenciální průměrná roční radiace, sklon a R-hodnota. Data použita ke statistickému zpracování pocházejí z 30 v terénu změřených segmentů kamenných moří. Dendrogram byl zkonstruován s použitím eukleidovské vzdálenosti a Wardova algoritmu.

Kamenná moře se dělí do pěti základních skupin s tím, že žádné kamenné moře nepředstavuje samostatnou jednotku se specifickými vlastnostmi.

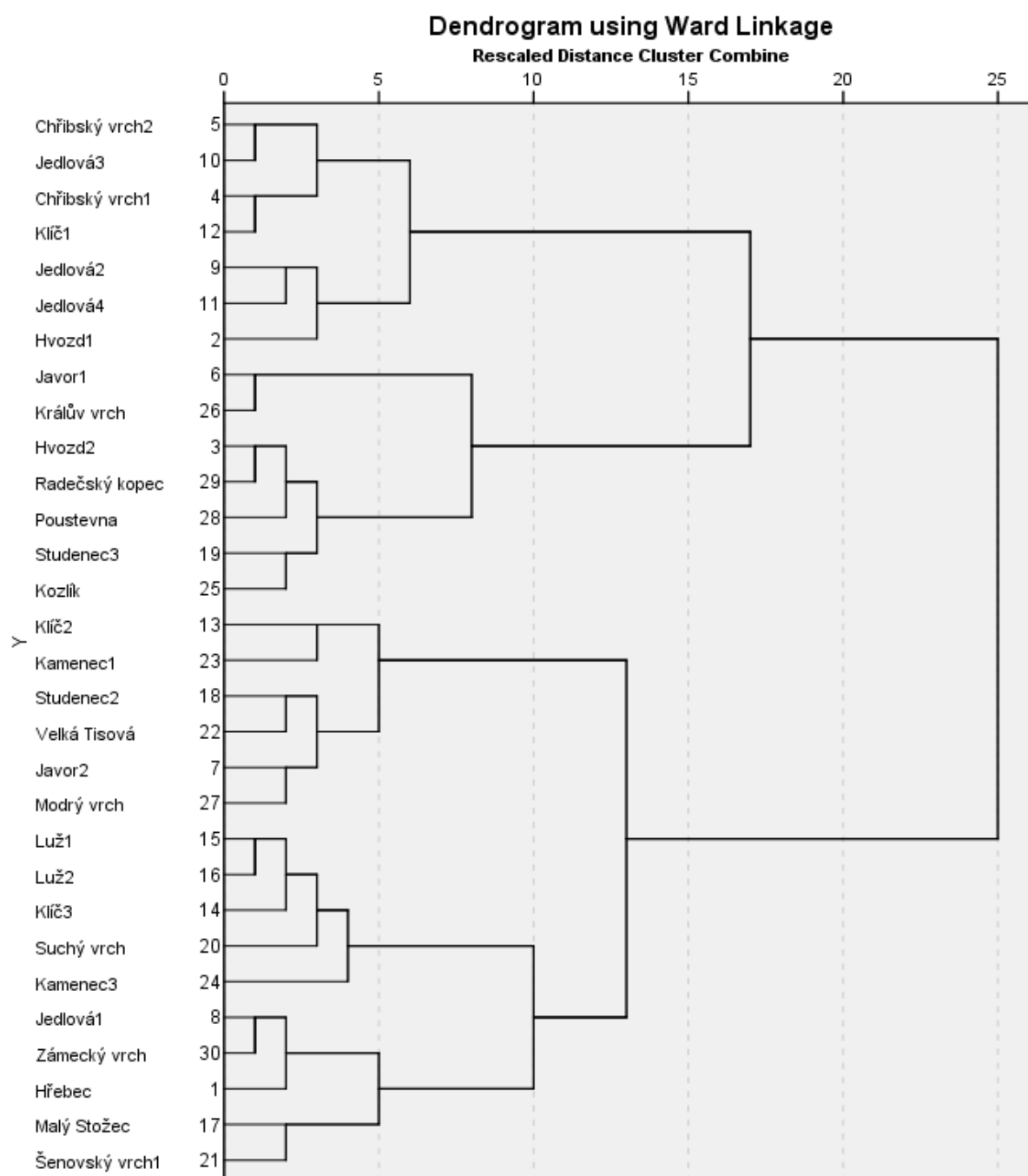
První skupinu tvoří kamenná moře: Chříbský vrch 2, Jedlová 3, Chříbský vrch 1, Klíč 1, Jedlová 2, Jedlová 4 a Hvozd 1.

Druhou skupinu tvoří kamenná moře: Javor 1, Králův vrch, Hvozd 2, Radečský kopec, Poustevna, Studenec 3 a Kozlík.

Třetí skupinu tvoří kamenná moře: Klíč 2, Kamenec 1, Studenec 2, Velká Tisová, Javor 2 a Modrý vrch.

Čtvrtou skupinu tvoří kamenná moře: Luž 1, Luž 2, Klíč 3, Suchý vrch a Kamenec 3.

Pátou skupinu tvoří kamenná moře: Jedlová 1, Zámecký vrch, Hřebec, Malý Stožec a Šenovský vrch 1.



Obr. 59: Shluková analýza segmentů kamenných moří podle potenciální průměrné roční radiace, sklonu a R-hodnoty s eukleidovskými vzdálenostmi (Wardova metoda). Pro analýzu byly použity průměrné hodnoty segmentů kamenných moří.

8.5 Korelace mezi vybranými charakteristikami v terénu změřených segmentů kamenných moří

Korelace sklonu segmentů kamenných moří a potenciální průměrné roční radiace (Spearman = 0,257; $p = 0,184$) není statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 % (tab. 28, do analýzy byly použity průměrné hodnoty šetřených segmentů kamenných moří).

Korelace R-hodnot segmentů kamenných moří a potenciální průměrné roční radiace (Spearman = 0,531; $p = 0,003$) je statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 %, středně silná v pozitivním směru (tab. 28, do analýzy byly použity průměrné hodnoty šetřených segmentů kamenných moří). V daném případě se jedná o vztah, kdy čím vyšší je potenciální průměrná roční radiace pro daný segment kamenného moře, tím vyšší je R-hodnota daného segmentu kamenného moře.

Tab. 28: Spearmanovy korelace mezi sklonem a potenciální průměrnou roční radiací a R-hodnotou a potenciální průměrnou roční radiací. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území. Hladina významnosti: $p < 0,05000$ (Excel, 2013).

Závislost	sklon x potenciální průměrná roční radiace	R-hodnota x potenciální průměrná roční radiace
Spearman	0,257	0,531
z	1,328	2,983
p-hodnota	0,184	0,003

Tab. 29: Popisné statistiky charakteristik segmentů kamenných moří: sklon, R-hodnota a potenciální průměrná roční radiace. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území

	Sklon (°)	R-hodnota	Potenciální průměrná roční radiace (kWh.m ⁻²)
Průměr	31,93	38,48	967,16
Směrodatná odchylka	5,22	5,35	180,33
Maximum	45,00	46,39	1194,53
Medián	30,00	39,39	1034,75
Minimum	20,00	25,54	623,87

Pearsonova korelace průměrného sklonu a průměrných R-hodnot segmentů kamenných moří (Pearson = 0,075899; $p = 0,690$) není statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 % (tab. 30).

Tab. 30: Pearsonovy korelace mezi sklonem a R-hodnotou. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území. Hladina významnosti: $p < 0,05000$ (Statistica, 2017).

	Průměr	Směrodatná odchylka	Průměrný sklon (°)	Průměrná R-hodnota
Průměrný sklon (°)	31,93333	5,218887	1,000000	0,075899 (p-hodnota = 0,690)
Průměrná R-hodnota	38,48000	5,352938	0,075899 (p-hodnota = 0,690)	1,000000

Spearmanova korelace mezi průměrným zaklíněním kamenných bloků segmentů kamenných moří a potenciální průměrnou roční radiací v terénu změřených segmentů kamenných moří v jednotlivých třetinách kamenných moří není statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 % (tab. 31).

Tab. 31: Spearmanovy korelace mezi průměrným zaklíněním a potenciální průměrnou roční radiací segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (Excel, 2013).

	korelace	p-hodnoty
Spodní část	0,0198	0,921
Střed	0,0416	0,8274
Horní část	-0,095	0,614
Průměr	-0,0416	0,8274

Korelace průměrného sklonu středu segmentů kamenných moří a potenciální průměrné roční radiace středu segmentů kamenných moří je statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 % (tab. 32). V daném případě se jedná o vztah, kdy čím vyšší sklonitost má střed segmentů kamenných moří, tím nižší má potenciální průměrnou roční radiaci.

Tab. 32: Spearmanova korelace mezi proměnnými: průměrný sklon, potenciální průměrná roční radiace (rad) a nadmořská výška (nadm. v.) středů kamenných moří. Hodnoty pocházejí ze všech kamenných moří ve studovaném území (81 šetření, 51 v terénu nezměřených kamenných moří a 30 v terénu změřených segmentů kamenných moří) (Excel, 2013). Tučná čísla představují statisticky signifikantní korelaci.

Spodní část							
korelace	sklon	rad	nadm. v.	p-hodnoty	sklon	rad	nadm. v.
sklon		-0,1804	0,02919	sklon		0,1071	0,7958
rad	-0,1804		0,1133	rad	0,1071		0,3139
nadm. v.	0,02919	0,1133		nadm. v.	0,7958	0,3139	
Střed							
korelace	sklon	rad	nadm. v.	p-hodnoty	sklon	rad	nadm. v.
sklon		-0,3198	-0,097	sklon		0,0036	0,3889
rad	-0,3198		0,1207	rad	0,0036		0,2829
nadm. v.	-0,097	0,1207		nadm. v.	0,3889	0,2829	
Horní část							
korelace	sklon	rad	nadm. v.	p-hodnoty	sklon	rad	nadm. v.
sklon		-0,2023	-0,06867	sklon		0,0701	0,5424
rad	-0,2023		0,071599	rad	0,0701		0,5253
nadm. v.	-0,06867	0,071599		nadm. v.	0,5424	0,5253	
Průměr							
korelace	sklon	rad	nadm. v.	p-hodnoty	sklon	rad	nadm. v.
sklon		-0,16234	-0,03686	sklon		0,1476	0,7439
rad	-0,16234		0,11504	rad	0,1476		0,3065
nadm. v.	-0,03686	0,11504		nadm. v.	0,7439	0,3065	

Korelace průměrného zaklínění kamenných bloků v terénu změřených segmentů kamenných moří a průměrné R-hodnoty segmentů kamenných moří je statisticky signifikantní (tab. 33). V daném případě je mezi proměnnými takový vztah, kdy čím vyšší hodnoty zaklínění vykazují kamenné bloky segmentů kamenných moří, tím nižší R-hodnoty vykazují dané segmenty kamenných moří. Vyšší hodnoty zaklínění představují ve skutečnosti nižší míru faktického zaklínění kamenných bloků. Tedy čím vyšší jsou R-hodnoty segmentů kamenných moří, tím vyšší je faktické zaklínění kamenných bloků segmentů kamenných moří.

Tab. 33: Pearsonova korelace mezi proměnnými: průměrný sklon v terénu změřených segmentů kamenných moří, průměrné R-hodnoty v terénu změřených segmentů kamenných moří a průměrného zaklínění kamenných bloků segmentů v terénu změřených kamenných moří. Hladina významnosti: $p < ,05000$ (Statistica, 2017).

	Průměr	Směrodatná odchylka	Sklon	R-hodnoty	Zaklínění
Sklon	28,7378	5,0240	1,000000	-0,316532	0,040379
R-hodnoty	38,5221	5,2864	-0,316532	1,000000	-0,490452
Zaklínění	0,3904	0,0771	0,040379	-0,490452	1,000000

8.6 Výsledky modelu predikce R-hodnot

Z výsledků regresního modelu vyjadřujícího závislost R-hodnot na potenciální radiaci s přihlédnutím ke třetinám segmentů kamenných moří a jejich orientace ke světovým stranám lze konstatovat, že se tato závislost neprokázala jako statisticky signifikantní na hladině významnosti 5 % (tab. 34).

Zjištěna byla průměrná procentuální chyba predikce MAPE 2,205 % na testovaných vzorcích.

Tab. 34: Regresní model (v software Gretl, 2016): OLS, pro pozorování hodnot 1-45, závislá proměnná: R-hodnoty (Gretl, 2016). Orientace_2 = V, orientace_3 = Z, orientace_4 = S, třetina_2 = střed, třetina_3 = horní část.

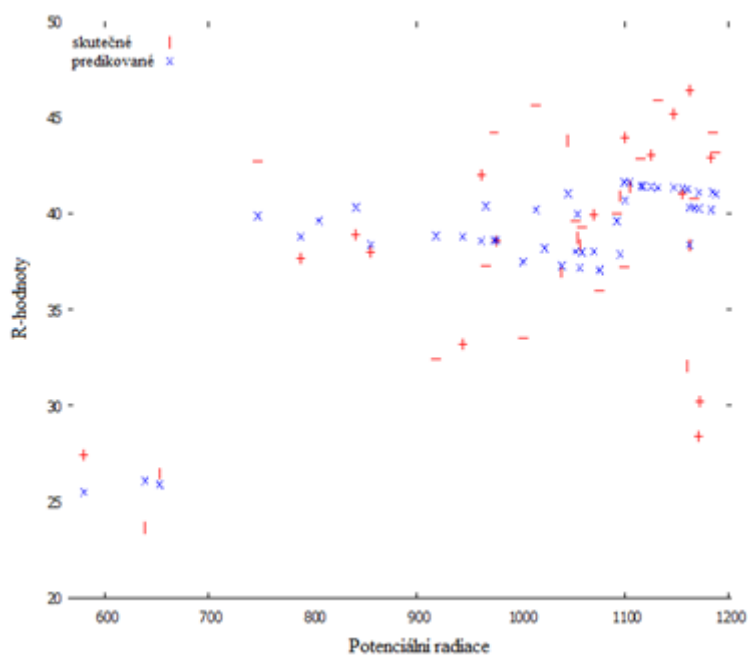
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	48,3169	9,54339	5,063	1,09e-05 ***	Hodnota konstanty se z hlediska závislosti neinterpretuje.
potenciální průměrná roční radiace	-0,0060779 4	-0,0060779 4	-0,7385	0,4648	Závislost R-hodnot s potenciální průměrné roční radiace se neprokázala (coeff=-0,00608 p=0,465), pokud jsou do modelu zahrnuty i proměnné: orientace a třetina.
orientace_2	-1,95084	2,27938	-0,8559	0,3974	Nesignifikantní
orientace_3	-3,79315	2,02638	-1,872	0,0689	Nesignifikantní
orientace_4	-18,3507	5,05102	-3,633	0,0008 ***	Orientace S má významně nižší R-hodnoty oproti J.
třetina_2	-0,110122	1,59656	-0,0689 7	0,9454	Nesignifikantní
třetina_3	-0,943216	1,59911	-0,5898	0,5588	Nesignifikantní

Regresní model je sice signifikantní jako celek $F(6, 38) = 5,439403$ a p-hodnota (F) = 0,00039 (tab. 35). Zkoumaná vysvětlující proměnná potenciální průměrná roční radiace, ošetřená o vliv jiných proměnných, však není signifikantní $t = -0,7385$ $p = 0,4648 > 0,05$. Vyšetřovaný vztah R-hodnot a potenciální průměrné roční radiace se tedy neprokázal.

Tab. 35: Model určení signifikance proměnných (Gretl, 2018).

Mean dependent var	38,75422	S.D. dependent var	5,53627	
Sum squared resid	725,5074	S.E. of regression	4,36947	
R-squared	0,462034	Adjusted R-squared	0,37709	Upravený koeficient determinace znamená kolik % variability SH je vysvětleno řídicími proměnnými v modelu. Tedy 37,7 %.
F (6, 38)	5,439403	P-value (F)	0,00039	Prediktivní model je signifikantní
Log-likelihood	-126,4069	Akaike criterion	266,814	
Schwarz criterion	279,4605	Hannan-Quinn	271,528	

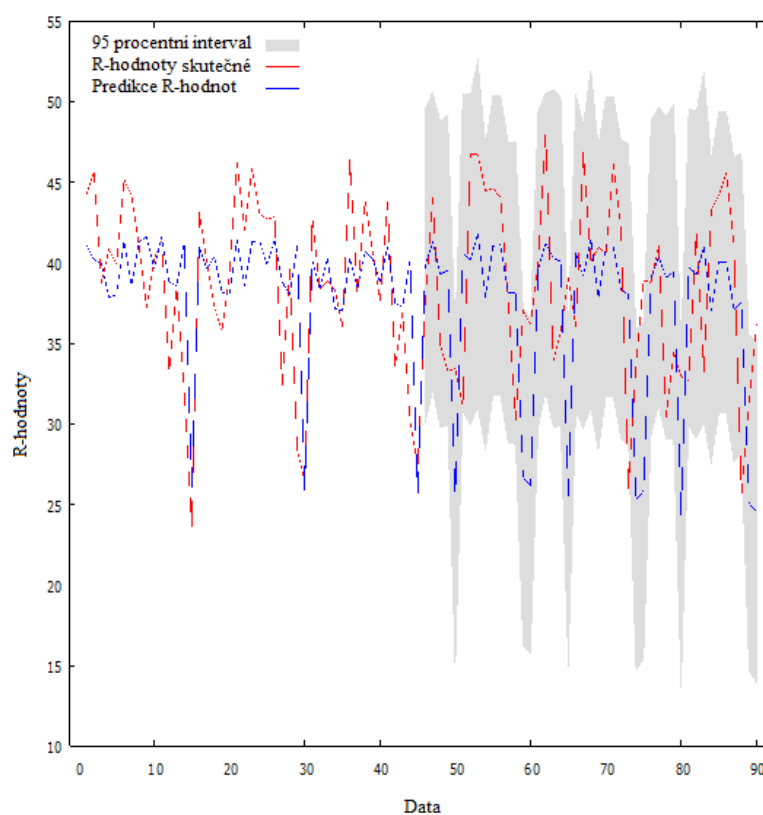
Následující graf (obr. 60) znázorňuje vztah mezi závislou proměnnou a vyšetřovanou vysvětlující proměnnou potenciální průměrnou roční radiací. Grafem není proložena přímka, neboť kromě potenciální průměrné roční radiace jsou v modelu zahrnuty proměnné: orientace ke světovým stranám a třetiny kamenného moře. Tyto další kategoriální nominální proměnné mění tvar zobrazené závislosti tak, že se nejeví jako přímka.



Obr. 60: Zobrazení vztahu skutečných R-hodnot a predikovaných R-hodnot (os y) vzhledem k potenciální průměrné roční radiaci (os x) s přihlédnutím k dalším proměnným: orientace ke světovým stranám a třetiny kamenných moří. Software Gretl (2016), který byl pro modelování použit, zobrazuje hodnoty podle modelu jako modré tečky, původní hodnoty jsou zobrazeny jako červené tečky.

Následující graf (obr. 61) zobrazuje původní (červená barva) a modelové hodnoty (modrá barva) závislé proměnné. Na ose x jsou seřazeny veškeré pozorované subjekty z obou částí vzorků. Levá polovina grafu znázorňuje testovací část vzorů, tedy tu část dat, která byla použita na sestavení regresního modelu. Na pravé straně grafu lze vidět tu část vzorků, která byla

použita na predikci. Oblast kolem predikovaných hodnot je interval spolehlivosti 95 % pro predikci.



Obr. 61: Zobrazení skutečných a predikovaných R-hodnot vycházející z prediktivního modelu (90 hodnot). Šedým podbarvením znázorněn interval spolehlivosti 95 %. Průměrná procentuální chyba predikce = 2,2053.

9 Diskuze

9.1 Výběr kamenných moří

Při práci v prostředí GIS byl odhalen nedostatek tištěných nebo digitálních map, a sice v přesnosti vymezení okrajů kamenných moří.

Kamenná moře změřena v terénu byla nejprve detekována na leteckých měřičských snímcích, později byla validována v terénu, a nakonec pro další analýzy zaznačena do prostředí GIS. U těchto moří bylo možné využít znalosti reálných hranic kamenného moře z terénu a hranice v prostředí GIS dle nabitých poznatků upravit. Především se jednalo o porovnání fotografií z terénního šetření s leteckými měřičskými snímky. U ostatních kamenných moří, která nebyla v terénu navštívena, bylo možné využít znalosti z řešení vymezení změřených kamenných moří v terénu a tento nedostatek ortofoto map zmírnit. Konkrétně se jednalo o vedení hranice kamenného moře nikoliv na přesném rozmezí kamenné moře s lesním porostem, ale vedení hranice 1 m v zalesněné části. Důvodem bylo zjištění, že kamenné bloky zasahují i do zalesněné části okolo kamenného moře. Lokalizace kamenných moří ve studovaném území probíhala kontinuálně s rešerší literatury tak, aby nedocházelo k záměnám mezi jinou formou balvanového pokryvu, jako je například balvanový proud. Díky tomu bylo možné vytvořit definici kamenného moře, která splňuje podmínky panující ve studovaném území a nestaví definici vytvořenou pro účely této práce proti podstatným rysům kamenných moří komentovaných v české i cizojazyčné literatuře.

9.2 Povrch bloků a výsledné R-hodnoty

Ve výzkumu Černé a Engela (2011) vycházely R-hodnoty při testování Schmidtovým kladívkem na přírodním povrchu žuly od 20,1 do 34,4 pro hrubozrnnou žulu. U připravených ploch, tedy očištěných zbroušením povrchu o cca 3–4 mm, byly naměřeny hodnoty od 21,1 do 54,7 pro hrubozrnnou žulu. Maximálních hodnot tak většinou lze dosáhnout odstraněním vrstvy zvětralé kůry. I když se odstranění vrstvy zvětralé kůry v předkládané práci neprovádělo, plochy s očividně hladším povrchem vykazovaly vyšší R-hodnoty (pozn. autora).

9.3 Openwork struktura kamenného moře

Výskyt openwork struktury kamenných moří a typické proudění vzdušných hmot uvnitř kamenného moře nebyl při terénním šetření příliš častý. Nejvýraznější proudění chladného vzduchu v létě na úpatí kamenného moře bylo zaznamenáno na vrchu Kamenec, o kterém se zmínili také Zacharda, Gude a Růžička (2007). U žádného z 29 dalších terénních měření nebyl v letních měsících chladný proud vzduchu na úpatí kamenného moře tak výrazný (druhý v pořadí by byl vrch Klíč). Příčina, dle terénních poznatků, nebyla ani tak ve velikosti kamenného moře, jako v hloubce kamenného moře a velikosti jednotlivých bloků. Uskupení kamenných bloků na vrchu Kamenec tvoří výrazné prostory mezi jednotlivými bloky (do hloubky). Dalším faktorem může být poloha úpatí moře, kde studený vzduch v létě vytéká. To je totiž na vrchu Kamenec umístěno již v částečně zalesněné oblasti s omezeným přísunem sluneční energie. Právě v této zastíněné oblasti se efekt vytékání chladného vzduchu může projevit znatelněji.

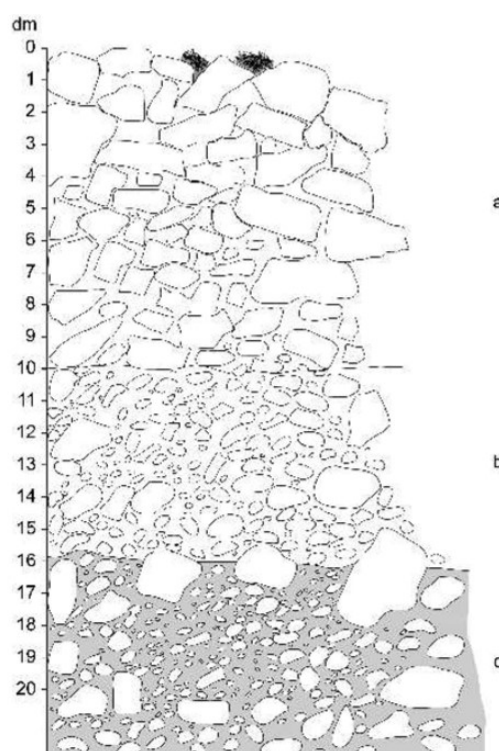
9.4 Mocnost kamenných moří

Výsledná hodnota průměrné mocnosti v terénu změřených kamenných moří vyšla 20 m, což je výrazně více, než se uvádí v zahraničních pracích. Pro výpočet odhadované mocnosti kamenných moří byla použita práce Duffka (2017).

Duffek (2017) provedl na Šumavě geofyzikální analýzu kamenných moří, především pak na Slunečné, kde uvádí naměřené hodnoty mocnosti kamenného moře od 8 do 10 m. Slunečná je tvořena převážně pararulou, s průměrným sklonem svahu 21° a s rozdílem nadmořské výšky horní a spodní hranice kamenného moře 26 m. Dle výše uvedeného vzorce tak vychází maximální možná mocnost 24,3 m a odhadovaná mocnost kamenného moře 8,1 m, což je přesná $1/3$ z maximální možné mocnosti.

Uvedený výpočet odhadované mocnosti kamenných moří nezahrnuje fakt, že od středu měřeného moře se bude jeho mocnost směrem k okrajům ve většině případů snižovat.

V práci Kirchner et al. (2007) byly na vrchu Kamenec nalezeny oblasti s mocností blokové akumulace 4–7 m. Typický profil kamenného moře na vrchu Kamenec (obr. 62) zobrazuje tři rozdílné vrstvy s odlišnou velikostí kamenných bloků i podílem kamenných bloků a matrixu v dané vrstvě. Na vrších v Českém středohoří pak vychází mocnost vrstvy blokové akumulace s otevřenou strukturou 2–3 m s tím, že celková mocnost ve spodní části svahů může dosáhnout i více než 10–20 m. O mocnosti přesahující 10 m na úpatích kamenných moří se ve své práci zmiňuje také Raška (2011), zde ovšem může velkou roli hrát například průběh podloží.



Obr. 62: Profil mocnosti kamenného moře na vrchu Kamenec (a-bloky s velikostí 10–30 cm s nevyplněnými meziprostory, b-bloky s velikostí 4–6 cm s nesouvisle vyplněnými meziprostory, c-„sprašová“ zóna se souvislým vyplněním prostor mezi většími a menšími bloky (Kirchner et al., 2007).

Do výpočtu odhadované mocnosti kamenného moře vstupují hodnoty sklonu kamenného moře a rozdíl nadmořské výšky mezi nejvyšším a nejnižším bodem kamenného moře. Vazbu na výpočet odhadované mocnosti kamenného moře mohou mít ale i rozloha kamenného moře a délka kamenného moře po spádnicí. Tyto dvě proměnné mají přímý vliv jak na sklon, tak na rozdíl zmíněných nadmořských výšek.

9.5 Polohové vlastnosti kamenných moří

Ve studovaném území se nacházejí kamenná moře se specifickým mikroklimatem podporujícím výskyt doložených mikrorefugií a s potenciálem výskytu azonálního permafrostu. V práci Uxy et al. (2018) vyšlo najevo, že se azonální permafrost může vyskytovat za příhodných podmínek i v nadmořské výšce okolo 600 m n.m. Gude et al. (2003) se zmiňuje o oblastech s možným výskytem azonálního permafrostu v nadmořských výškách 500–700 m n.m. v centrální Evropě. Celkem 20 kamenných moří se ve studovaném území v předkládané práci nachází v nadmořské výšce 600–800 m n.m.

V terénu změřené kamenné moře na vrchu Kamenec se rozprostírá v nadmořské výšce pod 400 m n.m., jeho jedinečné mikroklima bylo zaznamenáno například v práci Zachardy, Gudeho a

Růžičky (2007). Výskyt azonálního permafrostu by byl ovšem v této nadmořské výšce v Evropě výjimečný. Kamenné moře s openwork strukturou, se zjištěnou tepelnou anomálií a s nadmořskou výškou kolem 600 m n.m. je v terénu šetřené kamenné moře na vrchu Klíč. Na něm podporuje výskyt azonálního permafrostu zjištěním (seismickým měřením) vytrvalého výskytu ledových čoček Gude et al. (2003).

Vyšší nadmořská výška by zpravidla měla zapříčinit hojnější výskyt kamenných moří (nižší teplota, více srážek, méně vegetačního pokryvu). Vzhledem k rozprostření kamenných moří ve studovaném území v jednotlivých výškových kategoriích (kap. 8.1) však nelze prohlásit, že by se počet kamenných moří s rostoucí nadmořskou výškou zvyšoval. Optimální výškové rozmezí pro výskyt kamenných moří ve studovaném území je mezi 400–600 m n.m. Roli zde může hrát také fakt, že se ve studovaném území nachází plochy s nadmořskou výškou vyšší než 600 m n.m. jen přibližně na 5,3 % území. S rostoucí nadmořskou výškou se sice nezvyšuje počet jednotlivých kamenných moří, zvyšuje se ale jejich velikost.

Průměrný sklon svahu, na kterém je rozprostřeno kamenné moře, má ve studovaném území hodnotu 24,93°. Nejnižší sklon svahu s kamenným mořem byl naměřen na hodnotě 10,6° a nejvyšší sklon svahu s kamenným mořem byl naměřen na hodnotě 39,8°. Optimální hodnota sklonu svahu pro výskyt kamenných moří z naměřených dat v terénu vychází na rozmezí 25–35°. V tomto rozmezí se nachází pouze 4,13 % plochy studovaného území. Pro veškerá zaznamenaná kamenná moře ve studovaném území vyšla optimální hodnota sklonu svahů pro výskyt kamenných moří 20–30°. Petránek et al. (2016), spolu s Rubínem a Balatkou et al. (1986) a také Kukalem, Němcem a Pošmourným (2005) uvádějí pro výskyt kamenných moří výraz „mírný svah“. V tomto případě není možné přesně určit, o jakou sklonitost se jedná. Podobně u Goudie (2004), který uvádí výskyt kamenných moří na plochem nebo mírně svažitém terénu. Podle Křížka, Tremla a Engela (2007), kteří sledovali morfologické vlastnosti kamenných moří v Krkonoších, se většina (69 %) kamenných moří nacházela na svazích o sklonu 12–35°. V rozmezí 12–35° se ve studovaném území (v předkládané práci) nachází 86,3 % všech kamenných moří. Toto rozmezí tak lze vyhodnotit jako ideální pro výskyt kamenných moří i pro oblast na rozhraní Lužických hor a Českého středohoří. O zařazení balvanového pokryvu mezi kamenná moře v případě, že daný svah dosahuje hodnoty do 35°, hovoří například Huggett (2007). Dahl (1966) vidí sklonitostní hranici níže, a to na 25°. Při vyšším sklonu totiž dle něj dochází k pádu (skluzu) kamenných bloků. Rea et al. (1996b) in Rea (2007) se zmiňuje o sklonu svahu menším než 10° pro výskyt kamenných moří. Vyšší sklonitost svahu s výskytem kamenného moře podle něj způsobuje efektivnější odstraňování matrixu mezi kamennými bloky a tvorbu openwork struktury. Příkladem může být kamenné

moře na vrchu Klíč se sklonem $32,7^\circ$ a chybějícím matrixem mezi bloky (ten je přítomen až při úpatí kamenného moře). Svahy s nižší sklonitostí mají tendenci matrix mezi bloky spíše zadržovat a akumulovat materiál z výše postavených strmějších vrstev (Rea et al., 2007).

Analýza vztahu rozmístění kamenných moří podle orientace ke světovým stranám ukázala na převahu segmentů kamenných moří na svazích orientovaných na jih (29,92 % / s orientací na sever 23,62 %). Vyšší míru kamenných moří na svazích orientovaných na jih naměřili také Křížek, Treml a Engel (2007). Tento výsledek koresponduje s faktem, že se ve studovaném území nachází převážně svahy orientované na jih (27,9 %). Nejnižší počet segmentů kamenných moří se nachází na svazích orientovaných na východ. I v tomto případě výsledek výskytu segmentů kamenných moří koresponduje s faktem, že svahy orientované na východ mají ve studovaném území nejnižší zastoupení. Nelze tak jednoznačně prohlásit převahu výskytu segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Spíše lze výskyt segmentů kamenných moří na svazích studovaného území vztáhnout k zastoupení podílu svahů podle orientace ke světovým stranám.

Při šetření celých kamenných moří (73 kamenných moří) nerozdělených na segmenty podle orientace ke světovým stranám převládá počet kamenných moří na svazích orientovaných na sever (41,1 %), následují kamenná moře na svazích orientovaných na jih (31,51 %), s nejmenším počtem kamenných moří orientovaných na východ (10,96 %). Kamenná moře byla v tomto případě (při šetření 73 kamenných moří) rozdělena do kategorií S, V, J a Z podle převahy zastoupení jedné z kategorií v rámci plochy kamenného moře. Dané šetření dokresluje představu rozmístění kamenných moří na svazích ve studovaném území převážně s orientací na sever, nebo na jih.

Při šetření jednotlivých kamenných bloků kamenných moří byla zjištěna závislost mezi mírou ostrohrannosti a průměrnými R-hodnotami. Průměrné R-hodnoty kamenných bloků se s rostoucí mírou ostrohrannosti zvyšují. Tento vztah popisuje také Shakesby (1987) in Smolíková (2009). Míra ostrohrannosti kamenných bloků se také zvyšuje se vzrůstající se nadmořskou výškou v rámci kamenných moří. Tato skutečnost by nasvědčovala, že tvrdší kamenné bloky (bez zaoblení vlivem navětrání či pohybu bloku) se nacházejí v horních částech kamenných moří. To ovšem neguje analýza průměrných R-hodnot kamenných bloků, kde vyšlo, že nejnižší průměrné R-hodnoty mají kamenné bloky v horní části kamenných moří.

Největší kamenné bloky se nacházejí na kamenných mořích na svazích orientovaných na východ. Tento výsledek může být zkreslen nižším počtem změřených segmentů kamenných moří orientovaných na východ. Větší kamenné bloky lze nalézt spíše na svazích orientovaných

na jih, než na těch orientovaných na sever. Při tomto zjištění může hrát roli opět asymetrické rozložení změřených segmentů kamenných moří ve studovaném území podle orientace ke světovým stranám. Předpoklad výskytu větších bloků by totiž byl na severně orientovaných svazích, kde kamenná moře dostávají nižší příjem potenciální průměrné roční radiace.

Co se horninového podloží týká, rozkládají se ve studovaném území kamenná moře především na vulkanoklastikách, bazaltu (čedič), fonolitu (znělec), nefelitu a bazanitu. Dle hodnocení geologického podloží lze ve studované oblasti nalézt bazalty (bazické) a fonolity (kyselé) různých příměsí, především pak olivínu nebo foidů, se zvýšeným podílem alkálií. Proto také neovulkanity ve studovaném území patří do alkalických bazických a ultrabazických hornin (Šalanský, 2004).

Němec et al. (2005) stanovil období, ve kterém se vytvořil celý sopečný komplex ve studovaném území před 42 až 9 MA, od té doby se vulkanické horniny postupně přeměňovaly a na vyvýšených místech tamního reliéfu se vytvářela kamenná moře. Nejmladší vulkanoklastika mohou být dle starších publikací stará pouze 300 000 let (Šalanský, 2004).

9.6 Vazby mezi vybranými charakteristikami

Z výsledků změřených kamenných moří lze prohlásit, že čím vyšší potenciální průměrný roční příjem radiace kamenná moře vykazovala, tím vyšší R-hodnoty byly u kamenných bloků zaznamenány. Toto tvrzení samotné není příliš logické, resp. není možné hledat zde jednoduchý vztah typu: vyšší příjem potenciální radiace by znamenala silnější působení exogenního činitele, jehož výsledkem by byla více zvětralá hornina. Zvětrávání se však nemusí projevit zvětralinovou kůrou (a nižšími R-hodnotami), ale u tamních bazaltoidů může pod vlivem exogenních činitelů docházet ke sloupcovité odlučnosti, kterou popisuje např. Němec (2005).

Dle šetření všech kamenných moří (73 kamenných moří, nebo 127 částí) vykazují jižně orientovaná kamenná moře nejvyšší příjem potenciální průměrné roční radiace, naopak severně orientovaná kamenná moře příjem potenciální radiace nejnižší. Výsledek analýzy vztahu mezi orientací kamenného moře a R-hodnotami, kde nejnižší R-hodnoty vycházejí na severně orientovaných kamenných moří (s nižším příjmem potenciální průměrné roční radiace), by mohly vysvětlit místní klimatické podmínky. Sass (2005) zmiňuje jako jednu z možných příčin silnějšího zvětrávání kamenných bloků na svazích orientovaných na sever mírou vlhkostí, která je na severně orientovaných svazích nejvyšší.

Při šetření všech kamenných moří ve studovaném území vyšly severně orientované svahy jako nejstrmější. Kamenná moře orientovaná na sever tak kromě nejnižšího příjmu potenciální průměrné roční radiace dosahují také značné sklonitosti. Negativní korelace mezi sklonitostí a příjmem sluneční energie potvrdily také korelační analýzy, kde byl mezi těmito dvěma proměnnými zjištěn signifikantní vztah. Sumner et al. (2004) in Hansen et al. (2013) ale uvádí, že více potenciální průměrné roční radiace přijímají plochy sklonité, než plochy rovinné. Tento poznatek se s výsledky předkládané práce liší především z již zmíněného výsledku, a sice že strmější kamenná moře jsou ve studovaném území orientována na sever. Kamenná moře i jednotlivé segmenty kamenných moří nejsou dle orientace ke světovým stranám rovnoměrně rozprostřeny, největší rozdíl zaznamenávají segmenty orientované na jih (29,92 %) a na východ (18,11 %). Mezi počtem jižně a severně orientovaných segmentů kamenných moří však není takový rozdíl, aby tím byl zásadně ovlivněn vztah sklonitosti a příjmu energie. Odlišnost mezi předkládaným výzkumem a tím vedeným Summer et al. (2004) in Hansen et al. (2013) je zjevně ovlivněno větší sklonitostí svahů orientovaných na sever.

Vyšší hodnoty tvrdosti hornin na jižně orientovaných svazích a nižší hodnoty tvrdosti hornin na severně orientovaných svazích byly prokázány v práci Hansen et al. (2013). Výzkum byl ovšem proveden na jižní polokouli, kde jižně orientované svahy dostávají menší příjem slunečního záření a severní svahy více. Hansen et al. (2013) přichází se závěrem, že lze hledat logickou závislost mezi příjmem sluneční energie a tvrdosti horniny (větší příjem energie se rovná nižší tvrdosti horniny). Tento fakt přisuzuje vlivu radiace na tepelný režim a na procesy jako cykly zmrazování a rozmrzání. V uvedeném výzkumu se ovšem jedná o lokalitu poměrně vzdálenou charakteristikám studovaného území v předkládané práci.

Vyšší odolnost kamenných bloků (či nižší stupeň navětrání) kamenných moří lze vysvětlit několika způsoby.

Prvním z nich je malé stáří daného bloku. Čas a okolní erozní činitelé nepůsobili tak dlouho a povrch je tudíž méně rozrušen. Proto vykazuje menší množství zvětralinové kůry a tím vyšší R-hodnoty. V předkládané práci by toto tvrzení znamenalo, že na severně orientovaných kamenných mořích nebo na nejstrmějších kamenných mořích jsou nejstarší kamenné bloky.

Druhou hypotézou je pohyb daného kamenného bloku po svahu dolů s postupným obrušováním již zvětralé kůry bloku. Dle výsledků testů R-hodnot v jednotlivých třetinách kamenných moří lze prohlásit, že více zvětralé bloky byly změřeny v horních třetinách kamenných moří a méně zvětralé (s menší vrstvou zvětralé kůry) ve spodních třetinách kamenných moří. Při hypotéze

posunu kamenných bloků z vyšších poloh směrem dolů, přičemž bloky obrušují svůj povrch, by výsledek vyšších R-hodnot ve spodní části kamenného moře odpovídal. Ačkoli byl v některých případech mezi kamennými bloky matrix, hrubé bloky se i tak mohou dle Boelhouwers et al. (2002) pohybovat po svahu dolů. Pohyby bloků uvolněných z toru bez vlivu ledovcového ledu vysledovali také Small et al. (1997) in Ballantyne (2010) nebo Bjornson a Lauriol (2001) in Ballantyne (2010). Za zmínku stojí jistě i zjištění, že se kamenné bloky nemusí sunout po vrchní ploše kamenného moře, ale k pohybům může dojít také vlivem regelačního cyklu podloží kamenného moře (Wilson, 2007 in Ballantyne, 2010).

Dle výsledků ze změřených kamenných moří se vynořené kamenné bloky nacházejí spíše v horní třetině kamenných moří. Také průměrný sklon horní třetiny kamenných moří vykazuje vyšší sklonitost, než průměrný sklon kamenných bloků v horní třetině kamenných moří. Zanořené bloky se tak nacházejí ve větší míře ve střední nebo spodní části kamenných moří. Změna sklonu kamenného bloku (vynoření/zanoření) od horní po spodní část kamenných moří by tak spolu s gravitačním tříděním, kdy se větší kamenné bloky nacházejí ve spodní třetině kamenných moří, nasvědčovala pohybu kamenných bloků po svahu dolů.

Pohyb jednotlivých bloků po svahu dolů, tedy pohyb kamenného moře, podporuje i výsledek ostrohrannosti jednotlivých bloků. Kamenné bloky vykazují vyšší ostrohrannost v horní třetině kamenných moří, nejnižší ostrohrannost (tedy nejvyšší ohlazení) vykazují bloky ve spodní třetině kamenných moří. Pohybem dolů se kamenné bloky s nejvyšší pravděpodobností zbavují zvětralé kůry a dochází i k jejich zaoblení.

9.7 Model predikce R-hodnot

Z poloviny souboru dat (45 šetření), čítající informace o R-hodnotách, potenciální průměrné roční radiaci, orientaci a poloze v kamenném moři, byl vytvořen model, na základě kterého bylo možné predikovat R-hodnoty ze známých údajů druhé poloviny souboru hodnot. Potenciální průměrnou roční radiaci, orientaci i polohu v rámci kamenného moře je možné určit z dálkového průzkumu. Otázkou bylo, zda je možné z těchto proměnných predikovat R-hodnoty. Ty se získávají pouze osobním navštívením kamenného moře v terénu a představují jednu z časově nejnáročnějších fází výzkumu. Model predikce ukázal na fakt, že přímou závislost mezi R-hodnotami a zbylými proměnnými nelze určit. Z výsledných hodnot však lze prohlásit, že vztah mezi orientací a R-hodnotami je o mnoho podstatnější. Signifikantní vztah mezi orientací a R-hodnotami ostatně potvrdily i další statistické analýzy v předkládané práci.

10 Závěr

Celkem se ve studovaném území nachází 73 kamenných moří, která se dle orientace ke světovým stranám dají rozdělit na 127 segmentů. Analýza polohy, morfologie a stupně navětrání ukázala následující skutečnosti:

- Největší podíl zaobírají segmenty kamenných moří orientované na jih (29,9 %), nejméně segmentů kamenných moří má východní orientaci (18,1 %).
- Kamenná moře se v průměru rozprostírají přesně mezi vrcholem a úpatím svahu v nadmořské výšce mezi 295 až 780 m n.m., se sklonem mezi $10,6^{\circ}$ – $39,8^{\circ}$ a s protáhlým tvarem po vrstevnici. S rostoucí nadmořskou výškou se zvětšuje rozloha kamenných moří, nelze však prohlásit, že by se také zvyšoval počet jednotlivých kamenných moří.
- Potvrzené vztahy lze nalézt také mezi sklonem a příjmem potenciální průměrné roční radiace (čím vyšší sklon, tím nižší příjem radiace).
- Průměrný příjem potenciální průměrné roční radiace všech kamenných moří ve studovaném území je $955,42 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ s tím, že největší podíl radiace přijmou svahy s jižní orientací.

Podrobněji bylo studováno 22 kamenných moří, na kterých bylo podle orientace ke světovým stranám definováno 30 segmentů kamenných moří. Při měření byly zaznamenány jak základní charakteristiky segmentů kamenných moří, tak kamenných bloků, a byly zjištěny R-hodnoty jednotlivých bloků. Ze zjištěných hodnot a analýz lze prohlásit, že:

- Kamenná moře vykazují co do tvrdosti (navětralosti) kamenných bloků značné rozpětí hodnot, a to od 25,5 do 46,4 R-hodnoty. Nejtvrdší kamenné bloky se nacházejí na jižně orientovaných svazích, nejzvětralejší na severně orientovaných svazích.
- Jižně orientované svahy vykazují kromě nejvyšších R-hodnot nejvyšší příjem potenciální průměrné roční radiace. Pro severně orientované svahy lze být svědky opačných závěrů.
- Výsledky vynoření a ostrohrannosti kamenných bloků na kamenných moří spolu s nejnižšími R-hodnotami ve spodní části kamenných moří a se zvyšující se velikostí kamenných bloků směrem dolů po svahu nasvědčují pohybu bloků v rámci kamenných moří.
- Potvrzené vztahy lze nalézt mezi R-hodnotami a příjmem potenciální průměrné roční radiace (pozitivní vztah), mezi sklonem a příjmem potenciální průměrné roční radiace ve střední části kamenných moří (záporný vztah), mezi R-hodnotami a zaklíněním

kamenných bloků (záporný vztah) a mezi R-hodnotami a nadmořskou výškou v rámci kamenných moří (záporný vztah).

- Závislost mezi R-hodnotami a potenciální průměrnou roční radiací s uvažováním orientace ke světovým stranám a polohy v rámci kamenného moře se ve vytvořeném modelu neprokázala jako signifikantní. Z modelu predikce R-hodnot však vyšla najevo vysoká provázanost mezi dvěma proměnnými, a to mezi R-hodnotami a orientací ke světovým stranám.

Z četných analýz na změřených datech lze najít závislost mezi mírou navětrání a polohou kamenného moře. K rozdílům míry navětrání mezi kamennými bloky může docházet i v závislosti na polohových vlastnostech v rámci jednoho kamenného moře.

Kamenná moře se vyskytují na svažitém terénu ve vyšších nadmořských výškách. S rostoucí nadmořskou výškou lze sledovat růst jejich rozlohy. Dle výsledků získaných hodnot při terénním šetření lze předpokládat, že na kamenných mořích ve studovaném území může docházet k pohybu kamenných bloků po svahu dolů.

Do problematiky navětrání kamenných bloků v rámci kamenných moří vstupuje i jedinečné mikroklima tohoto přírodního fenoménu. Pro získání uceleného přehledu o aktivitě a zvětrávání je zapotřebí sledovat kamenná moře jako celek se všemi aspekty a zohlednit místní přírodní podmínky.

11 Použitá literatura a zdroje

11.1 Literatura

- ACKERMAN, L., ULRYCH, L., ŘANDA, Z. et al. (2015): Geochemical characteristics and petrogenesis of phonolites and trachytic rocks from the České Středohoří Volcanic Complex, the Ohře Rift, Bohemian Massif. *Lithos* [online]. 224-225, 256-271 [cit. 2018-12-04]. DOI: 10.1016/j.lithos.2015.03.014. ISSN 00244937. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0024493715001061>
- ALLABY, M. (2008): *A dictionary of earth sciences*. 3rd ed. New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-921194-4.
- ANDRE, M.-F. (1993): Les versants du Spitsberg. These Universite du Paris-Sorbonne, Presses Universitaires de Nancy, 361 pp.
- AYDIN, A., BASU, A. (2005): The Schmidt hammer in rock material characterization. In *Engineering Geology*, Vol. 81, s. 1-14.
- BABUŠKA, V., MUŽÍK, M. (1981): *Mineralogie, petrografie a geologie*. Třetí, nezměněné. Praha: Nakladatelství technické literatury.
- BALLANTYNE, C. K. (2010): A general model of autochthonous blockfield evolution. *Permafrost and Periglacial Processes* [online]. 21(4), 289-300 [cit. 2018-05-20]. DOI: 10.1002/ppp.700. ISSN 10456740. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ppp.700>.
- BENISTON, M. (2006): Mountain weather and climate: A general overview and a focus on climatic change in the Alps. *Hydrobiologia*. č. 562, s. 3-16.
- BOELHOUWERS, J. C. (1999): Relict periglacial slope deposits in the Hex River Mountains, South Africa: observation and paleoenvironmental implications. In *Geomorphology*, Vol. 30, s. 245-258.
- BOELHOUWERS, J. C., HOLNESS, S., MEIKLEJOHN, I., SUMNER, P. (2002): Observations on a blockstream in the vicinity of Sani Pass, Lesotho highlands, Southern Africa. *Permafrost and Periglacial Processes* [online]. 13(4), 251-257 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1002/ppp.428. ISSN 1045-6740. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ppp.428>
- BOUČEK, B., KODYM, O. (1958): *Geologie: 1. díl: Všeobecná geologie*. 2. vydání. Praha: Československá akademie věd.

- BUYUKSAGIS, I. S., GOKTAN, R. M. (2007): The effect of Schmidt hammer type on uniaxial compressive strength prediction of rock. In *International Journal of Rock & Mechanics Mining Science*, Vol. 44, 299-307.
- CAJZ V., VOKURKA K., BALOGH, K., LANG, M., ULRYCH, J. (1999): The České středohoří Mts.: Volcanostratigraphy and geochemistry.-*Geolines*, 9, 21-28. Praha.
- CAJZ, V. (2000): Proposal of lithostratigraphy for the České středohoří Mts. Volcanics.-*Bull. Czech Geol. Surv.*, 75, 7-16.
- CZUDEK, T. (2005): *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru*. Brno: Moravské zemské muzeum. ISBN 80-7028-270-3.
- ČERNÁ, B., ENGEL, Z. (2011): Surface and sub-surface Schmidt hammer rebound value variation for a granite outcrop. *Earth Surface Processes and Landforms* [online]. 36(2), 170-179 [cit. 2018-07-12]. DOI: 10.1002/esp.2029. ISSN 01979337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/esp.2029>.
- DAHL, R. (1966): Block Fields, Weathering Pits and Tor-like Forms in the Naryik Mountains, Nordland, Norway. In *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, Vol. 48, No. 2., s. 55-85.
- DAY, M. J., GOUDIE, A. S. (1977): Field assessment of rock hardness using the Schmidt Test Hammer Br. *Geomorphol. Res. Group. Tech. Bull.*, 18, s. 19-29.
- DELALOYE, R. et al. (2003). Thermal anomaly in a cold free slope (Creux du Van, Switzerland). *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost, Zurich, Switzerland, 21-25 July 2003*. Exton, PA: A.A. Balkema Publishers, c2003. ISBN 9058095827.
- DEMEK, J. et al. (1965): *Geomorfologie českých zemí*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- DEMEK, J. a MACKOVČIN P. ed. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR. ISBN 80-86064-99-9.
- DEMEK, J. et al. (1965b): *Přehledná geomorfologická mapa západní části ČSSR [1:500000]*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie.
- DEMEK, J., QUITT, E., RAUŠER, J. (1975): *Úvod do obecné fyzické geografie*. Praha: Československá akademie věd.
- DEMEK, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. Praha: Československá akademie věd.
- DUFFEK, V. (2017): *Geofyzikální analýza vybraných kamenných moří na Šumavě*. Plzeň. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Václav Stacke.

- DVOŘÁK, J., RŮŽIČKA, B. (1966): *Geologická minulost Země*. Druhé. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- ENGEL, Z. (2007): Measurement and age assignment of intact rock strength in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues* [online]. 51(1), 69-80 [cit. 2018-07-12]. DOI: 10.1127/0372-8854/2007/0051S-0069. ISSN 18641687. Dostupné z: <http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1864-1687&volume=51&issue=1&spage=69>.
- ETZELMÜLLER, B., HAGEN, J. O. (2005): Glacier-permafrost interaction in Arctic and alpine mountain environments with examples from southern Norway and Svalbard. *Geological Society, London, Special Publications* [online]. 242(1), 11-27 [cit. 2018-08-28]. DOI: 10.1144/GSL.SP.2005.242.01.02. ISSN 0305-8719. Dostupné z: <http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.2005.242.01.02>
- GERBER, E. K., SCHEIDEGGER, A. E. (1974): On the dynamics of scree slope. *Rock Mechanics* 6: 25-38.
- GILLASPY, R. (2013): Mechanical Weathering [online]. Dostupné z: <https://study.com/academy/lesson/mechanical-weathering-definition-process-types-examples.html>.
- GOODFELLOW, B. (2007): Relict non-glacial surfaces in formerly glaciated landscapes. *Earth-Science Reviews* [online]. 80(1-2), 47-73 [cit. 2018-05-20]. DOI: 10.1016/j.earscirev.2006.08.002. ISSN 00128252. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012825206001358>.
- GOUDIE, A. S. (2006): The Schmidt Hammer in geomorphological research. In *Progress in Physical Geography*, Vol. 30, No. 6, s. 703-718.
- GOUDIE, A. S. (2004): *Encyclopedia of geomorphology*. New York: International Association of Geomorphologists. ISBN 0-415-32737-7.
- GUDE, M., S. DIETRICH, S., MÄUSBACHER, R., HAUCK, C., MOLENDI, R., RŮŽIČKA, V., ZACHARDA, M. (2003): Probable occurrence of sporadic permafrost in non-alpine scree slopes in central Europe in PHILLIPS, M., SPRINGMAN, S.M., ARENSON, L.U. (Eds.), *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*. Zurich, Switzerland (2003), pp. 331-336
- HABĚTÍN, V. (1985): *Geologie*. Praha: Nakladatelství technické literatury.
- HALL, K., ANDRÉ, M.-F. (2001): New insights into rock weathering from high-frequency rock temperature data: an Antarctic study of weathering by thermal stress. *Geomorphology* [online]. 41(1), 23-35 [cit. 2018-05-30]. DOI: 10.1016/S0169-

- HALL, K., THORN, C. E., MATSUOKA, N., PRICK, A. (2002): Weathering in cold regions: some thoughts and perspectives. *Progress in Physical Geography* 26(4): 577–603.
- HANSEN, CD., MEIKLEJOHN, K.I., NELL, W. (2013): The characterisation of an openwork block deposit, Northern Buttress, Vesleskarvet nunataks, Western Dronning Maud Land, Antarctica. Geography Department, Rhodes University, GRAHAMSTOWN, SOUTH AFRICA.
- HARRIS, S. A. et al. (1988): *Glossary of permafrost and related ground-ice terms*. Ottawa, Ont: Permafrost Subcommittee, Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada. ISBN 0660125404.
- HARRIS, S. A., PEDERSEN, D. E. (1998): Thermal regimes beneath coarse blocky materials. *Permafrost and Periglacial Processes* 9: 107-120.
- HRON, K., KUNDEROVÁ, P. (2013): *Základy počtu pravděpodobnosti a metod matematické statistiky*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- HUBBARD, B., GLASSER, N. (2005): *Field techniques in glaciology and glacial geomorphology*. 1. ed. Chichester, John Wiley and Sons Ltd. s. 400.
- HUGGETT, R. J. (2007): *Fundamentals of geomorphology*. 2nd ed. Madison Avenue, N. Y.: Routledge. ISBN 978-0-415-39084-2.
- CHLUPÁČ, I. et al. (2002): *Geologická minulost České republiky*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0914-0.
- CHOBOT, K., ed. (2016): *Druhy a přírodní stanoviště: hodnotící zprávy o stavu v České republice 2013*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. ISBN 978-80-88076-20-9.
- JULIUSSEN, H., HUMLUM, O. (2008): Thermal Regime of Openwork Block Fields on the Mountains Elgåhogna and Sølen, Central-eastern Norway. In *Permafrost and Periglacial Process, Permafrost and Periglacial Process*, Vol. 19, s. 1-18.
- KARNIŠ, J. et al. (1967): *Obecný fyzický zeměpis*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- KATZ, O., RECHES, Z., ROEGIERS, J. C. (2000): Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt hammer. In *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, Vol. 37, s. 723-728.

- KELLERER-PIRKLBAUER, A. (2017): Potential weathering by freeze-thaw action in alpine rocks in the European Alps during a nine year monitoring period. *Geomorphology* [online]. 296, 113-131 [cit. 2018-11-10]. DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.08.020. ISSN 0169555X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X16310145>
- KETTNER, R. (1953): Všeobecná geologie II: Složení zemské kůry, vznik hornin a ložisek. Druhé. Praha: Přírodovědecké vydavatelství.
- KIELMAS, M. (2017): About Heat Weathering [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://sciencing.com/heat-weathering-19386.html>.
- KIRCHNER, K., MÁČKA, Z., CÍLEK, V. (2007): Scree and Blocky Formations in Northern and Central Bohemia: Geologic and Geomorphologic Development. *ResearchGate* [online]. January 2007, 19-26 [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/280095092_Scree_and_blocky_formations_in_Northern_and_Central_Bohemia_Geologic_and_geomorphologic_development?enrichId=rgreq-6904f980541807706af39605d58a5cf5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4MDA5NTA5MjtBUzoyNTIxMjI5NDM5Nzk1MjBAMTQzNzEyMjIwMjA5OQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.
- KODYM, O. ml. et al. (1966): Geologický atlas ČSSR 1:1 000 000. ÚGÚ a ÚÚG Praha.
- KOLAITI, E., PAPADOPOULOS, Z. (1993): Evaluation of Schmidt rebound hammer testing: a critical approach. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, 48, s. 69-76.
- KOZÁK, J. et al. (2009): Atlas půd České republiky. 2., upr. vyd. Praha: ČZU Praha. ISBN 978-80-213-2008-6.
- KŘÍŽEK, M., TREML, V., ENGEL, Z. (2007): Zákonitosti prostorového rozmístění periglaciálních tvarů v Krkonoších nad alpínskou hranicí lesa. In Štursa, J.-Knapik, R.(eds): Geologické problémy Krkonoš, Sborník Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n./Úpou. *Opera Corcontica* Vol. 44, No. 1, s. 67-79.
- KŘÍŽEK, M., UXA, T. a MIDA, P. (2016): Praktikum morfometrických analýz reliéfu. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-3244-5.
- KUBÁT, K. (1974): Opera Corcontica. Proudění vzduchu sutěmi jako ekologický faktor. 53-62.

- KUKAL, Z., NĚMEC, J., POŠMOURNÝ, K. (2005): Geologická paměť krajiny. Praha: Česká geologická služba. ISBN 80-7075-654-3
- KUNDEROVÁ, P. (2004): Základy pravděpodobnosti a matematické statistiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- KUNSKÝ, J. (1968): *Fyzický zeměpis Československa*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- KUNSKÝ, J. et al. (1968): Československá vlastivěda díl 1., Příroda svazek 1. Praha: Orbis.
- LUSTYK, P. Skály, sutě a jeskyně. In: CHOBOT, K. eds. et al. (2016): *Druhy a přírodní stanoviště: hodnotící zprávy o stavu v České republice 2013*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. s. 37-45. ISBN 978-80-88076-20-9.
- MATSUOKA, N. (2008): Frost weathering and rockwall erosion in the southeastern Swiss Alps: long-term (1994-2006) observations. *Geomorphology* 99:353-368.
- MATSUOKA, N., MURTON, J. (2008): Frost weathering: recent advances and future directions. *Permafrost and Periglacial Processes*[online]. 19(2), 195-210 [cit. 2017-10-25]. DOI: 10.1002/ppp.620. ISSN 10456740. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ppp.620>
- MATTHEWS, J. A., SHAKESBY, R. A. (1984): The status of the Little Ice Age in Southern Norway: relative-age dating of neoglacial moraines with Schmidt hamer and lichenometry. *Boreas* 13, s. 333-346.
- MIŠTERA, L. et al. (1984): *Geografie krajů ČSSR*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- MÍSAŘ, Z. et al. (1983): *Geologie ČSSR I: Český masív*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- MOTYČKOVÁ, H. et al. (2012): Geologické zajímavosti České republiky. Praha: Academia. Průvodce (Academia). ISBN 978-80-200-2139-7.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. (1998): *Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky: = Map of potential natural vegetation of the Czech Republic: textová část*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0687-7.
- NĚMCOVÁ, L. (2001): *Mechorosty a jejich společenstva na sutích v Českém středohoří a sousedních územích*. Praha a Litoměřice. Kandidátská a dizertační práce. CUNI. Vedoucí práce Jiří Váňa.
- NĚMEC, J. (2005): *České středohoří: geologie chráněných krajinných oblastí České republiky*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 80-7075-647-0.

- PARK, J., HYUN, C. U., PARK, H. D. (2015): Bull Eng Geol Environ. 74: 555. <https://doi.org/10.1007/s10064-014-0630-8>.
- PAUK, F., HABĚTÍN, V. (1979): Geologie pro zeměpisce. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- PETRÁNEK, J., BŘEZINA, J., BŘÍZOVÁ, E., CHÁB, J., LOUN, J., ZELENKA, P. (2016): *Encyklopedie geologie*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-901-1.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica, sv. 16. Brno: Geografický ústav ČSAV. 73 s.
- RAŠKA, P. (2011): Paleogeomorfologický význam a environmentální změna kamenitých akumulací v Českém středohoří [online]. Brno, [cit. 2018-08-29]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/y1e1a/>>. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Karel Kirchner.
- REA, B. et al. (1996): Blockfields, old or new? Evidence and implications from some plateaus in northern Norway. *Elsevier*. (15), 109-121.
- REA, B. (2007): Blockfields (Felsenmeer). In Periglacial landforms, Rock Forms, s. 2225-2235.
- RUBÍN, J., BALATKA, B. et al (1986): *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. Praha: Československá akademie věd. ISBN 21-033-86.
- RŮŽIČKA, V. (1990): The spiders of stony debris. *Acta Zool. Fennica*, 190: 333-337.
- RŮŽIČKA, V. (1993) Ekosystémy kamenitých sutí. Stone debris ecosystems. *Ochrana přírody* 48: 11-15.
- RŮŽIČKA, V., RŮŽIČKA, F. (1990): Bezobratlí živočichové kamenitých sutí. *Živa*, 38 (5): 217-220.
- RŮŽIČKA, V., ZACHARDA, M. (2010): Variation and diversity of spider assemblages along a thermal gradient in scree slopes and adjacent cliffs. *Polish journal of ecology*. České Budějovice, 361-369.
- RŮŽIČKOVÁ, E. (2003): *Kvartérní klastické sedimenty České republiky: struktury a textury hlavních genetických typů*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 80-7075-600-4.
- SASS, O. (2005): Rock moisture measurements: techniques, results, and implications for weathering. *Earth Surface Processes and Landforms* 30: 359-374.

- SAWADA, Y., ISHIKAWA, M., ONO, Y. (2003): Thermal regime of Sporady permafrost in a block slope on Mt. Nishi-Nupukaushinupuri, Hokaido Island, Northern Japan. *Geomorphology*. 52, s. 121-130. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00252-0.
- SHAW, Ethan. How Does Weathering and Temperature Affect Rocks? Sciencing [online]. 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://sciencing.com/weathering-temperature-affect-rocks-4733.html>
- SHIMOKAWABE, A., YUICHI, Y., TAKUMI, A., TOMONORI, S., YUICHIRO, S., SATOSHI, Y., FUTOSHI, N., GURALNICK, R. (2015): The Distribution of Cool Spots as Microrefugia in a Mountainous Area. *PLOS ONE* [online]. 10(8), e0135732- [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1371/journal.pone.0135732. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0135732>.
- SHRBENÝ, O. (1995): *Chemical composition of young volcanites of the Czech Republik*. Prague: Czech Geological Survey. Práce Českého geologického ústavu, 4. ISBN 80-7075-182-7.
- SLAVÍK, B., ŠTĚPÁNKOVÁ, J. ed. (2011): *Květena České republiky*. Praha: Academia. ISBN 80-200-1161-7.
- SMOLÍKOVÁ, J. (2009): *Kamenná moře v Krkonoších*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce RNDr. Marek Křížek, Ph.D.
- SMOLOVÁ, I., VÍTEK, J. (2007): *Základy geomorfologie: vybrané tvary reliéfu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-1749-3.
- SVOBODA, J. (1964): *Regionální geologie ČSSR: Díl 1. Český masív*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- ŠALANSKÝ, K. (2004): *Neovulkanity České republiky a jejich geofyzikální projevy*. Praha: Česká geologická služba. Práce České geologické služby. ISBN 80-7075-627-6.
- ŠTEFÁČEK, S. (2008): *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. Praha: Baset. ISBN 978-80-7340-105-4.
- TOLASZ, R. (2007): *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1.
- TOMÁŠEK, M. (2007): *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-688-1.
- UXA, T., KŘÍŽEK, M., KRAUSE, D., HARTVICH, F., TÁBOŘÍK, P. a KASPRZAK, M. (2018): Comment on ‘Geophysical approach to the study of a periglacial blockfield in a mountain area (Ztracené kameny, Eastern Sudetes, Czech Republic)’ by. *Geomorphology*[online]. [cit. 2018-12-02]. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.10.010.

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X18304100>

- VOJEN, L. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. Praha: Československá akademie věd.
- WAKUI, A., SUEYOSHI, M., SHIMOKAWABE, A., KUDO, G., MORIMOTO, J., NAKAMURA, F. (2017): Environmental factors determining the distribution of highland plants at low-altitude alpine talus sites. *Ecological Research* [online]. 32(2), 183-191 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1007/s11284-016-1429-9. ISSN 0912-3814. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11284-016-1429-9>.
- WHALLEY, B. W., REA, B. R., RAINEY, M. M. (2004): Weathering, blockfields and fracture systems and the implications for long-term landscape formation: some evidence from Lyngen and Oksfordjokelen areas in the North Norway. In *Polar Geography*, Vol. 28, s. 93-113.
- WINKLER, S. (2005): The Schmidt hammer as relative-age dating technique: potential and limitations of its application on Holocene moraines in Mt Cook National Park, Southern Alps, New Zealand. In *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*, Vol. 48, s. 105-116.
- WINKLER, S. (2008): Attempt to combine in situ cosmogenic nuclide (^{10}Be) and relative age Schmidt hammer dating-first application in the Southern Alps of New Zealand. In *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10.
- ZACHARDA, M., GUDE, M. a RŮŽIČKA, V. (2007). Thermal regime of three low elevation scree slopes in central Europe. *Permafrost and Periglacial Processes* [online]. 18(3), 301-308 [cit. 2018-12-04]. DOI: 10.1002/ppp.598. ISSN 10456740. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ppp.598>
- ZACHAROV, P. (1992): Větrné podmínky na Milešovce jako příklad pro použití větrné elektrárny v kopcovitém terénu. *Meteorologické zprávy*. 45(1), 91-92.
- ZEMANOVÁ, L. Mechorosty a lišejníky. In: CHOBOT, K. eds. et al. (2016): *Druhy a přírodní stanoviště: hodnotící zprávy o stavu v České republice 2013*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. s. 79-85. ISBN 978-80-88076-20-9.
- ZHANG, T., BARRY, R. G. A HAEBERLI, W. (2014): Numerical simulations of the influence of the seasonal snow cover on the occurrence of permafrost at high latitudes. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography* [online]. 55(4), 261-266 [cit. 2018-12-01]. DOI: 10.1080/00291950152746621. ISSN 0029-1951. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00291950152746621>

- ZÍTEK, J., et al. (1965): *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky: Díl I.-Mapy*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie.

11.2 Ostatní zdroje

- Český úřad geodetický a kartografický 1971: *Soubor geologických a účelových map ČR: Geologická mapa ČR [1:50 000]*. Praha: Český geologický ústav Praha, 1998.
- KLEIN, V. (1999): *Geologická mapa ČR, list 03-31 Mimoň, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- KLEIN, V. RŮŽIČKA, M. (1993): *Geologická mapa ČR, list 02-42 Česká Lípa, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- POSPÍŠIL, J. (1998): *Geologická mapa ČR, list 03-13 Hrádek nad Nisou, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- SHRBENÝ, O. (1990): *Geologická mapa ČR, list 02-41 Ústí nad Labem, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- VALEČKA, J. (1992): *Geologická mapa ČR, list 02-23 Děčín, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- VALEČKA, J. et al. (1999): *Geologická mapa ČR, list 02-24 Nový Bor, 1 : 50 000*. Praha, Geofond.
- Weathering. *National Geographic* [online]. [cit. 2018-06-10]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/weathering/>
- Mapy.cz: základní mapa [cit. 2018-10-19], letecká mapa (2016, 2012, 2006, 2003). 2018. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- Google.cz: mapová data [cit. 2018-10-19]. Dostupné z: [Google.cz/maps](https://www.google.cz/maps).
- NEUHÄUSLOVÁ a MORAVEC (1997). *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky [1 : 500 000]*. Praha: Botanický ústav Akademie věd České republiky.
- Půdní mapa 1 : 50 000: ČGS, dostupné na URL: <http://mapy.geology.cz/pudy>
- ČÚZK (2017): Digitální model reliéfu 4. generace
- ČÚZK (2017): Digitální model reliéfu 5. generace
- Studánková mapa dostupná na: <http://www.estudanky.eu/studankova-mapa>
- INQUA: dostupné na <https://www.inqua-seqs.org/>
- ČHMÚ: dostupné na <http://portal.chmi.cz/>

11.3 Použitý software

ESRI (2010): ArcMap 10.4.1

TIBCO Software (2017): Statistica 13.3

Microsoft Excel 2013

SPSS v.20, IBM

Gretl v.1.9.4 open-source software na ekonometrickou analýzu, GNU General Public License.

DIBAVOD (2013): Digitální báze vodohospodářských dat, VÚV TGM, dostupné na URL:<http://www.dibavod.cz>

GEOLOGY: WMS v.1.3.0 Open Geospatial Consortium (OGC), dostupné na <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/wms>

12 Seznam obrázků

Obr. 1: Dutina s výskytem ledu na úpatí kamenného moře na vrchu Kamenec, 17. 4. 2017. .	10
Obr. 2: Openwork struktura kamenného moře na vrchu Klíč.	15
Obr. 3: Vyplněné prostory mezi bloky na kamenném moři na vrchu Hvozd.	15
Obr. 4: Skalní výchoz na vrchu Klíč s kamenným mořem na JZ svahu.	16
Obr. 5: Kamenné moře na svazích vrchu Klíč.	17
Obr. 6: Vymezení studovaného území s hranicemi vybraných CHKO.	25
Obr. 7: Geomorfologické jednotky ve studovaném území dle Demka a Mackovčina /eds/ et al. (2006).	27
Obr. 8: Vymezení studovaného území se zobrazením oblastí geologické stavby dle Mísaře et al. (1983) a se zobrazením podloží neovulkanitů a mezozoika dle Chlupáče et al. (2002).	28
Obr. 9: Sloupcovitá odlučnost horniny na Zámeckém vrchu (15. 10. 2017).	29
Obr. 10: Geologická situace studovaného území, generalizace geologické mapy v měřítku 1 : 500 000 (WMS služba GEOLOGY-GEOČR500).	31
Obr. 11: Digitalizovaná mapa základních částí reliéfu ve studovaném území dle Demka et al. (1965b).	35
Obr. 12: Relativní výšková členitost studovaného území klasifikovaná dle tříd Demka (1987) za použití čtvercové sítě 2 x 2 km s polovičním překryvem sousedních čtverců dle Křížek et al. (2016). Na jihozápadě území se vyskytuje oblast bez známosti hodnot relativní výškové členitosti (bez dat).	37
Obr. 13: Orientace svahů vůči světovým stranám ve studovaném území.	38
Obr. 14: Sklonitost studovaného území.	39
Obr. 15: Potenciální průměrný roční příjem sluneční energie ve studovaném území.	41
Obr. 16: Klimatické oblasti podle Köppenovy klasifikace s vymezením studovaného území (Köppen, 1936 in Tolasz, 2007).	42
Obr. 17: Klimatické oblasti podle Quitta (1971) in Tolasz (2007). Charakteristiky klimatických oblastí jsou popsány v tab. 10.	43
Obr. 18: Roční úhrn srážek ve studovaném území dle Tolasz (2007).	45
Obr. 19: Mapa ČR s vymezením studovaného území a s vyobrazením meteorologických stanic, ze kterých byly zpracovány teplotní a srážkové údaje (ČHMU, 2018).	46
Obr. 20: Klimadiagramy meteorologických stanic: A = Děčín (172 m n. m.), B = Varnsdorf (367 m n. m.), C = Milešovka (830,5 m n. m.). Data z let 2004–2014 (ČHMU, 2018).	47

Obr. 21: Hlavní vodní toky a výskyt pramenů a studánek ve studovaném území (WMTS-ZM a Studánková mapa, 2018).	50
Obr. 22: Půdní typy ve studovaném území dle Půdní mapy České republiky 1 : 1 000 000 (Tomášek, 2007).	51
Obr. 23: Textury půd ve studovaném území dle Němečka et al., (2003) in Kozák et al. (2009).	52
Obr. 24: Potenciální přirozená vegetace ve studovaném území (Neuhäuslová et al., 1998). ..	53
Obr. 25: Regionálně fytogeografické členění studovaného území ((Slavík a Štěpánková, 2011).	54
Obr. 26: Směr odchylky delší osy od spádnice.	58
Obr. 27: Náčrt oblastí možné polohy kamenného moře v rámci daného svahu. Silnější linkou je zobrazen profil svahu, slabšími přímkami jsou znázorněny oblasti: vrcholová plošina, horní třetina, střed, spodní třetina a úpatí svahu.	59
Obr. 28: Způsoby měření délek os bloků dle Hubbarda a Glasera (2005).	60
Obr. 29: Kategorie ostrohrannosti bloků dle Powersema (1953) in Hubbard a Glasser (2005).	61
Obr. 30: Schmidt hammer a číselná stupnice.	65
Obr. 31: Práce se Schmidt hammerem v terénu.	70
Obr. 32: Schéma výpočtu maximální možné mocnosti kamenného moře vzorcem $C = \cos \alpha \cdot a$. Tenká černá linie představuje uvažovanou rovinu, tučná černá linie představuje svah. Kamenné moře je znázorněno šedou tučnou linií.	71
Obr. 33: Rozložení středů kamenných moří vztažených k nadmořské výšce.	79
Obr. 34: Rozložení hodnot za pomoci popisné statistiky pro sklon (A), nadmořskou výšku (B), potenciální průměrnou roční radiaci (C), rozlohu (D), délku kamenného moře po spádnici (E), délku kamenného moře po vrstevnici (F), absolutní polohu kamenného moře (G) a relativní střed kamenného moře (H). Hodnoty byly použity jako průměry pro celá kamenná moře (73 šetření).	84
Obr. 35: Rozložení hodnot průměrných sklonů a potenciálních průměrných ročních radiací. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření) (Statistica, 2017).	85
Obr. 36: Potenciální průměrná roční radiace kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro celá kamenná moře (73 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00000$; $F(3, 68) = 35,179$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	86

Obr. 37: Potenciální průměrná roční radiace segmentů všech kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty (dle orientace ke světovým stranám) všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00000$; $F(3, 123) = 133,82$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti. 86

Obr. 38: Průměrný sklon kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro všechna kamenná moře ve studovaném území (73 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,28376$; $F(3, 68) = 1,2934$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti. 87

Obr. 39: Průměrný sklon segmentů všech kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro segmenty všech kamenných moří ve studovaném území (127 šetření). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,63734$; $F(3, 123) = 0,56767$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti. 87

Obr. 40: Rozložení hodnot průměrných R-hodnot kamenných moří, naměřených Schmidtovým kladívkem v rámci 30 segmentů kamenných moří. Shapiro-Wilk $W = 0,95078$, $p=0,17735$. Kolmogorov-Smimov $d=0,11918$ (Statistica, 2017). 89

Obr. 41: Průměrné R-hodnoty segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,02307$; $F(3,26) = 3,7523$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti. 90

Obr. 42: Velikost průměrných R-hodnot v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,49898$; $F(2,87) = 0,70077$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti. 90

Obr. 43: Rozložení hodnot průměrných sklonů kamenných moří v rámci 30 v terénu šetřených segmentů. Shapiro-Wilk $W = 0,92691$, $p=0,04066$. Kolmogorov-Smimov $d=0,18886$ (Statistica, 2017). 91

Obr. 44: Průměrný sklon segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu

(hodnota $p=0,27176$; $F(3,26) = 1,3773$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	91
Obr. 45: Velikost průměrných sklonů kamenných moří v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,87432$; $F(2,87) = 0,13451$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	92
Obr. 46: Velikost průměrných sklonů kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Byly použity hodnoty jednotlivých změřených bloků šetřených segmentů kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,77092$; $F(2,447) = 0,26032$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	92
Obr. 47: Rozložení hodnot potenciální průměrné roční radiace kamenných moří v rámci 30 v terénu šetřených segmentů. Shapiro-Wilk $W = 0,89745$, $p = 0,00728$. Kolmogorov-Smirnov $d = 0,18826$ (Statistica, 2017). Transformovaná data mají po použití Spearmanova korelačního koeficientu rovnoměrné rozložení hodnot.	93
Obr. 48: Potenciální průměrná roční radiace segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00000$; $F(3,26) = 19,371$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	94
Obr. 49: Velikost potenciální průměrné roční radiace v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,97337$; $F(2,87) = 0,02700$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	94
Obr. 50: Velikost průměrného vynoření kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,63709$; $F(2,87) = 0,45319$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	95
Obr. 51: Velikost průměrného zanoření kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená	

jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,92164$; $F(2,87) = 0,08168$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	95
Obr. 52: Velikost průměrné ostrohrannosti kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,14574$; $F(2,447) = 1,9343$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	96
Obr. 53: Velikost průměrných R-hodnot podle stupně ostrohrannosti kamenných bloků v jednotlivých segmentech kamenných moří. R-hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu změřené kamenné bloky kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,31812$; $F(3,446) = 1,1768$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	97
Obr. 54: Průměrná velikost kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,82521$; $F(2,447) = 0,19220$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	97
Obr. 55: Průměrná velikost kamenných bloků v rámci segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 450 hodnot). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,00004$; $F(3,446) = 7,8857$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	98
Obr. 56: Rozložení hodnot pro průměrné zaklínění kamenných bloků v rámci 30 v terénu šetřených segmentů kamenných moří. Shapiro-Wilk $W = 0,96986$, $p = 0,53543$ (Statistica, 2017).	98
Obr. 57: Hodnota průměrného zaklínění kamenných bloků v rámci segmentů kamenných moří podle orientace ke světovým stranám. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů). Signifikance rozdílů řešená jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,66114$; $F(3,26) = 0,53693$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	99
Obr. 58: Hodnota průměrného zaklínění kamenných bloků v jednotlivých částech segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (30 segmentů, 90 hodnot). Signifikance rozdílů řešená	

jednocestnou analýzou rozptylu (hodnota $p=0,88271$; $F(2,87) = 0,12494$). Pozn.: body značí průměrnou šířku v pozici a svislé linie 0,95 interval spolehlivosti.	99
Obr. 59: Shluková analýza segmentů kamenných moří podle potenciální průměrné roční radiace, sklonu a R-hodnoty s eukleidovskými vzdálenostmi (Wardova metoda). Pro analýzu byly použity průměrné hodnoty segmentů kamenných moří.	101
Obr. 60: Zobrazení vztahu skutečných R-hodnot a predikovaných R-hodnot (os y) vzhledem k potenciální průměrné roční radiaci (os x) s přihlédnutím k dalším proměnným: orientace ke světovým stranám a třetiny kamenných moří. Software Gretl (2016), který byl pro modelování použit, zobrazuje hodnoty podle modelu jako modré tečky, původní hodnoty jsou zobrazeny jako červené tečky.	106
Obr. 61: Zobrazení skutečných a predikovaných R-hodnot vycházející z prediktivního modelu (90 hodnot). Šedým podbarvením znázorněn interval spolehlivosti 95 %. Průměrná procentuální chyba predikce = 2,2053.	107
Obr. 62: Profil mocnosti kamenného moře na vrchu Kamenec (a-bloky s velikostí 10–30 cm s nevyplněnými meziprostory, b-bloky s velikostí 4–6 cm s nesouvisle vyplněnými meziprostory, c-„sprašová“ zóna se souvislým vyplněním prostor mezi většími a menšími bloky (Kirchner et al., 2007).	110

13 Seznam tabulek

Tab. 1: Rešerše literatury k definici kamenných moří, první část.....	12
Tab. 2: Geomorfologické regionální zařazení studovaného území dle Demka a Mackovčina /eds./ et al. (2006).....	25
Tab. 3: Rozloha jednotlivých okrsků studovaného území.	26
Tab. 4: Mapové listy použité pro určení horninového podloží kamenných moří.	32
Tab. 5: Seznam vrchů s charakteristikou hornin kamenných moří, na nichž byl proveden SH test. Charakteristika podloží dle Babuška a Mužík (1981), mapové listy z Geofondu v Praze (tab. 4). Čísla kamenných moří souhlasí s čísly na obr. 10.....	32
Tab. 6: Klasifikační škála morfometrických typů reliéfu (Demek, 1987).	36
Tab. 7: Orientace segmentů kamenných moří dle světových stran (segmenty kamenných moří: tab. 19). Jednotlivá kamenná moře ve studovaném území (73 kamenných moří) byla rozdělena na segmenty (127 segmentů) dle orientace ke světovým stranám.	38
Tab. 8: Zastoupení tříd sklonitosti povrchu studovaného území.....	40
Tab. 9: Počty kamenných moří v jednotlivých třídách dle množství průměrné přijímané energie v kamenných mořích.	41
Tab. 10: Klimatické oblasti ve studovaném území dle Quitta, 1971 in Tolasz, 2007.....	44
Tab. 11: Meteorologické stanice s vybranými charakteristikami (ČHMÚ, 2018). Hodnota počtu dní v roce s průměrnou teplotou pod 0 °C je u stanice Děčín ovlivněna chybějícími daty.	47
Tab. 12: Absolutní a relativní hodnoty průměrného úhrnu srážek v létě a na přechodu zima/jaro za období 2004–2014 (ČHMÚ, 2018).....	48
Tab. 13: Seznam použitých geologických map ČR v měřítku 1:50 000.....	57
Tab. 14: Srovnání výhod a nevýhod Schmidtova kladívka.....	66
Tab. 15: Klasifikační Tab. tvrdosti hornin (dle Goudie, 2006).....	67
Tab. 16: Průměrné hodnoty R u čediče (Gaudie, 2006).....	68
Tab. 17: Kódování kategoriálních proměnných, první kategorie jako referenční, tj. ostatní jsou s ní porovnány (Gretl, 2016).	73
Tab. 18: Počty kamenných moří a způsob jejich detekce. Lokalitami jsou myšleny vrchy, na kterých se v některých případech rozkládalo více kamenných moří a provádělo tak i více měření.....	74
Tab. 19: Seznam segmentů kamenných moří změřených v terénu s vybranými charakteristikami. Na některých kamenných mořích bylo provedeno více měření, a to díky výskytu segmentů kamenných moří s rozdílnou orientací vůči světovým stranám.	75

Tab. 20: Seznam všech kamenných moří ve studovaném území s vybranými charakteristikami. Zvýrazněná čísla (tučná s kurzívou) kamenných moří představují moře, kde proběhl Schmidt hammer test. Poloha (souřadnice) kamenného moře byla zjištěna z ortofot (střed kamenného moře) a jednotlivá kamenná moře lze v předkládané práci identifikovat díky sloupci „Číslo kamenného moře“.	76
Tab. 21: Počet středů kamenných moří ve zvolených výškových kategoriích.	79
Tab. 22: Mocnost v terénu měřených jednotlivých kamenných moří.	80
Tab. 23: Vybrané charakteristiky všech kamenných moří ve studovaném území. Relativní střed kamenného moře značí, kde se nachází střed kamenného moře mezi nejvyšším bodem vrchu a jeho úpatím (0 % úpatí, 100 % vrchol). Relativní poloha značí prostorové umístění kamenného moře mezi vrchem a úpatím (0 % úpatí, 100 % vrchol). Absolutní poloha kamenného moře byla měřena od vrchu do středu kamenného moře. Zvýrazněná čísla (tučná s kurzívou) kamenných moří představují moře, kde proběhl Schmidt hammer test.	81
Tab. 24: Vybrané charakteristiky všech zaznamenaných kamenných moří (73) ve studovaném území a jejich průměrné hodnoty.	83
Tab. 25: Základní charakteristiky vybraných proměnných pro všechna kamenná moře ve studovaném území (73 šetření).	85
Tab. 26: Korelační matice vybraných charakteristik všech kamenných moří (73 šetření) ve studovaném území. Data vybraných charakteristik prošla Box-Cox transformací, neboť nevykazovala normální rozdělení dat. Počítáno s hladinou významnosti $p=0,05$.	88
Tab. 27: Absolutní počty vynořených bloků, zanořených bloků a počty případů se shodností sklonu bloku se sklonem svahu v jednotlivých třetinách v terénu šetřených segmentů kamenných moří.	96
Tab. 28: Spearmanovy korelace mezi sklonem a potenciální průměrnou roční radiací a R-hodnotou a potenciální průměrnou roční radiací. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území. Hladina významnosti: $p < 0,05000$ (Excel, 2013).	102
Tab. 29: Popisné statistiky charakteristik segmentů kamenných moří: sklon, R-hodnota a potenciální průměrná roční radiace. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území.	102
Tab. 30: Pearsonovy korelace mezi sklonem a R-hodnotou. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území. Hladina významnosti: $p < 0,05000$ (Statistica, 2017).	103

Tab. 31: Spearmanovy korelace mezi průměrným zaklíněním a potenciální průměrnou roční radiací segmentů kamenných moří. Hodnoty byly použity jako průměry pro v terénu šetřené segmenty kamenných moří ve studovaném území (Excel, 2013).	103
Tab. 32: Spearmanova korelace mezi proměnnými: průměrný sklon, potenciální průměrná roční radiace (rad) a nadmořská výška (nadm. v.) středů kamenných moří. Hodnoty pocházejí ze všech kamenných moří ve studovaném území (81 šetření, 51 v terénu nezměřených kamenných moří a 30 v terénu změřených segmentů kamenných moří) (Excel, 2013). Tučná čísla představují statisticky signifikantní korelaci.	104
Tab. 33: Pearsonova korelace mezi proměnnými: průměrný sklon v terénu změřených segmentů kamenných moří, průměrné R-hodnoty v terénu změřených segmentů kamenných moří a průměrného zaklínění kamenných bloků segmentů v terénu změřených kamenných moří. Hladina významnosti: $p < ,05000$ (Statistica, 2017).....	104
Tab. 34: Regresní model (v software Gretl, 2016): OLS, pro pozorování hodnot 1-45, závislá proměnná: R-hodnoty (Gretl, 2016). Orientace_2 = V, orientace_3 = Z, orientace_4 = S, třetina_2 = střed, třetina_3 = horní část.....	105
Tab. 35: Model určení signifikance proměnných (Gretl, 2018).....	105

14 Seznam příloh